167583

**EB**

ENCICLOPEDIA DE BUZUNAR

THOMAS S. KUHN

# STRUCTURA REVOLUȚIILOR ȘTIINȚIFICE

II-157.583

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ

II 157583

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Structura
revoluțiilor
științifice

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

THOMAS S. KUHN

**THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS**

Second Edition, Enlarged

© The University of Chicago Press, 1970

BOUVIA SI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

433088

**E B**

ENCICLOPEDIA DE BUZUNAR

THOMAS S. KUHN

Profesor de istoria
și filozofia științei

Princeton University

# STRUCTURA REVOLUȚIILOR ȘTIINȚIFICE

Cu un studiu introductiv
de conf. dr. MIRCEA FLONTA

98250

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Editura științifică și enciclopedică
București, 1976

11 OCT 1978
ale: 438081
BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# NATURA ȘI DINAMICA ȘTIINȚEI ÎN CONCEPȚIA LUI TH. S. KUHN

În literatura modernă de filozofie a ştiinţei „Structura revoluţiilor ştiinţifice" poate fi socotită una din acele lucrări inovatoare, deschizătoare de noi perspective, care nu au trebuit să aştepte trecerea anilor pentru a fi recunoscute şi apreciate ca atare. Mult citită şi comentată atît în cercurile filozofilor cît şi a oamenilor de ştiinţă, cartea lui Kuhn a fost curînd după apariţia ei (1962) tradusă în numeroase limbi. Ideile ei au fost întîmpinate adesea cu reacţii critice violente şi pătimaşe din partea unora dintre cei mai cunoscuţi filozofi contemporani ai ştiinţei. Semnificativ în această privinţă a fost simpozionul consacrat discuţiei lucrării lui Kuhn, în cadrul Colocviului internaţional de filozofia ştiinţei, care s-a ţinut la Londra, în anul 1965[1]. Comparată ca însemnătate şi influenţă cu lucrarea lui Karl Popper „Logica cercetării" (originalul german apare în 1934, iar prima ediţie engleză în 1959), cartea lui Kuhn a generat regrupări semnificative şi noi polarizări în filozofia occidentală a ştiinţei. Controversa dintre aşa-numiţii „verificaţionişti" şi „falsificaţionişti", dintre adepţii lui Carnap şi cei ai lui Popper, care a dominat scena pînă în deceniul al 7-lea, este în bună măsură înlocuită acum de controversa dintre kuhnieni şi antikuhnieni,

[1]) Confruntarea dintre Kuhn şi criticii săi, care a avut loc cu acest prilej, este redată într-o formă revăzută şi dezvoltată în volumul „Criticism and the Growth of Knowledge", ed. J. Lakatos — A. Musgrave, Cambridge University Press, 1970.

în special de cea dintre kuhnieni și popperieni. O asemenea evoluție se poate constata urmărind revistele și cărțile noi apărute precum și cu ocazia simpozioanelor, conferințelor și congreselor recente de filozofia științei. În ultimii 10 ani a fost produsă o întreagă literatură consacrată comentării, analizei critice, punerii la probă și dezvoltării în orizonturi și contexte noi a ideilor lui Kuhn[1]. Într-un cuvînt, se poate spune că ideile lui Kuhn au devenit un sistem de referință în discuțiile contemporane asupra multor probleme centrale ale filozofiei științei. Fără îndoială, Kuhn a fost înțeles în feluri din cele mai diferite; judecățile și evaluările criticilor cărții, inclusiv a celor marxiști, sînt în divergență în numeroase puncte. Cu toții sînt însă de acord cel puțin asupra unui punct: concepția lui Kuhn nu poate fi ignorată, iar noutatea și originalitatea ideilor sale nu poate fi contestată chiar dacă sensul, claritatea și buna întemeiere a unora din susținerile sale sînt adesea puse serios în discuție.

Într-adevăr, în „Structura revoluțiilor științifice" a fost formulată o teorie coerentă și sistematică asupra naturii și dinamicii științei. Presupozițiile de bază și cadrul conceptual al acestei teorii contrastează puternic cu cele în cadrul cărora au fost elaborate cele mai influente teorii explicative ale științei pînă la apariția lucrării lui Kuhn. Departe de a elabora o nouă variantă în cadrele consacrate ale filozofiei științei, care s-a dezvoltat începînd din deceniile 3 și 4 îndeosebi sub influența empirismului logic și a ideilor lui Popper, Kuhn propune un mod fundamental nou de a vedea știința, cu implicații din cele mai însemnate nu numai pentru filozofia științei și metodologia istoriei științei, dar și pentru înțelegerea naturii activității curente în științele cele mai mature. Cartea lui Kuhn interesează, de aceea, nu numai pe specialiștii în domeniul filozofiei științei și al istoriei științei; într-o măsură mult mai mare decît literatura standard din domeniul filozofiei științei, și din rațiuni care sper că vor reieși clar din această prezentare, cartea lui Kuhn poate fi citită cu interes de un număr mare de cercetători din domeniul științelor naturii și științelor sociale. Ei găsesc aici o concepție

[1] Vezi, de pildă, reconstrucția concepției lui Kuhn pe baza conceptului de teorie științifică, elaborat de J. D. Sneed, propusă de W. Stegmüller în „Theoriendynamik. Normale Wissenschaft und wissenschaftliche Revolutionen", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1973.

coerentă, multidimensional elaborată, asupra naturii activităţii lor şi condiţiilor succesului ei, inspirată în modul cel mai direct de observarea practicii ştiinţifice actuale şi de rezultatele cercetărilor de istoria ştiinţei. Atracţia pe care o exercită cartea lui Kuhn asupra acestui cerc de cititori poate fi comparată, cred, cu cea a unor cărţi ca „Introducere în studiul medicinii experimentale" a lui Claude Bernard, „Autobiografia" lui Darwin şi, mai recent, cu reflecţiile metaştiinţifice ale unor mari savanţi creatori ca Planck, Einstein, Niels Bohr, Max Born sau G. Selye. Cu deosebirea că ceea ce au scris aceşti oameni se adresează îndeosebi membrilor unor comunităţi ştiinţifice, ca cea a fizicienilor şi biologilor, în timp ce Kuhn încearcă să răspundă unor întrebări care pot interesa în aceeaşi măsură pe orice membru al comunităţii ştiinţifice. Am în vedere, desigur, pe acei membri ai comunităţii care cred că pentru practica cercetării poate fi folositoare, în afara unei bune instrucţii, a capacităţii de a învăţa din succesele şi eşecurile altora ca şi din propria experienţă, a unei intuiţii de profesionist care se ascute şi se rafinează prin îmbinarea fericită a unor asemenea elemente, şi o mai adecvată înţelegere a unor chestiuni de principiu care privesc natura şi condiţia specifică a ştiinţei ca întreprindere intelectuală şi care cred, totodată, că este mai probabil ca o asemenea înţelegere să poată fi cîştigată nu de filozoful care priveşte de la distanţă viaţa ştiinţifică şi o subsumează unor norme şi criterii de raţionalitate născute în mediul speculaţiei abstracte, ci de cercetătorul care are atît experienţa muncii într-o specialitate ştiinţifică, cît şi experienţa problemelor şi dificultăţilor pe care le ridică scrierea istoriei unei asemenea specialităţi.

★

Avînd o pregătire de bază în domeniul fizicii teoretice, Thomas S. Kuhn s-a făcut cunoscut prin lucrările sale originale de istoria ştiinţei, dintre care merită să fie amintită, în primul rînd, cartea sa consacrată înnoirii copernicane în astronomie[1]. După propria sa mărturisire (vezi prefaţa), interesul lui Kuhn pentru istoria ştiinţei a fost însă legat de la început de preocupări filozofice generale.

[1] T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Mass., 1957.

De la primele sale contacte cu faptele istorice, Kuhn a avut impresia că ele se armonizează greu cu concepţia curentă asupra naturii ştiinţei, asupra caracterului şi scopului cercetării ştiinţifice, pe care el, ca şi alţi oameni de ştiinţă, şi-a însuşit-o în primul rînd în procesul instrucţiei profesionale şi sub influenţa lecturilor de filozofia ştiinţei. El a fost tentat să supună intuiţiile sale puternice dar confuze probei şi clarificării prin investigaţii analitice în cîmpul istoriei ştiinţei şi nu a rezistat tentaţiei, reorientîndu-şi cariera profesională în această direcţie. Pe măsură ce studiile şi cercetările sale istorice asupra ştiinţei au avansat şi s-au adîncit, Kuhn şi-a confirmat şi şi-a întărit impresia iniţială : şi anume, că în epoci trecute comportarea oamenilor de ştiinţă, inclusiv a marilor creatori, se abate considerabil de la canoanele care definesc *ştiinţificitatea* şi *raţionalitatea*, atît în mentalitatea curentă, formată de instrucţia ştiinţifică din zilele noastre, cît şi în lucrările celor mai de seamă filozofi ai ştiinţei. De unde în mod firesc întrebarea de ce aceste abateri nu zădărnicesc totuşi succesul întreprinderii ştiinţifice. Examinarea vieţii ştiinţifice actuale cu o privire instruită de cercetarea istorică ridică aceeaşi întrebare. Se pare că există o nepotrivire între natura şi scopurile practicii ştiinţifice curente şi modul cum sînt văzute acestea în lumina concepţiei consacrate asupra ştiinţei.

Putem, ce-i drept, să scăpăm de asemenea întrebări incomode şi supărătoare dacă adoptăm punctul de vedere că filozoful ştiinţei se interesează doar de ceea ce trebuie să fie ştiinţa, ca întreprindere raţională. Ceea ce aflăm prin cercetări psihologice, sociologice şi istorice asupra modului cum este practicată efectiv ştiinţa într un moment sau altul, poate foarte bine să fie nesemnificativ din acest punct de vedere. Prin asemenea cercetări putem stabili mai degrabă cît de mult se îndepărtează practica ştiinţifică reală într-o disciplină sau alta, într-un moment determinat al istoriei, de ceea ce *trebuie să fie ştiinţa*. Cu alte cuvinte, realităţile istorice ale ştiinţei încep să devină semnificative pentru filozoful ştiinţei în măsura în care ele se apropie de conceptul său de ştiinţă, de valorile atemporale pe temeiul cărora el delimitează ceea ce este *raţional* şi *ştiinţific* în întreprinderile cognitive reale. Iată de ce el nu se va lăsa tulburat de faptul că datele scoase la iveală de cercetarea empirică a ştiinţei se acomodează

adesea greu unor asemenea criterii şi valori, spunînd ca, odinioară, filozoful speculativ : Um so schlimmer für die Tatsachen ! (Cu atît mai rău pentru fapte !).

Dar tocmai pe această cale nu a dorit să se angajeze Kuhn. El va încerca, dimpotrivă, depăşirea contradicţiei supărătoare dintre valorile şi criteriile atemporale ale filozofului şi cele care sudează şi conduc la un moment dat o comunitate ştiinţifică disciplinară pe calea reconsiderării unor idei generale asupra a ceea ce constituie raţionalitatea ştiinţei. Rezultatul acestei reconsiderări, o nouă concepţie asupra naturii ştiinţei, va putea fi apreciat ca promiţător — crede Kuhn — dacă va oferi o explicaţie firească multor fapte privitoare la comportarea oamenilor de ştiinţă care apar aberante în lumina punctelor de vedere consacrate în filozofia contemporană a ştiinţei. „Obiectivul meu este de asemenea o înţelegere a ştiinţei, a temeiurilor eficacităţii sale particulare, a statutului cognitiv al teoriilor ei. Dar spre deosebire de mulţi filozofi ai ştiinţei, eu am început ca istoric al ştiinţei, examinînd de aproape faptele vieţii ştiinţifice. Descoperind că o bună parte din comportamentul ştiinţific, incluzînd pe cel al celor mai mari oameni de ştiinţă, violează în mod constant canoanele metodologice acceptate, m-am întrebat cum se face că această neconcordanţă nu împiedică succesul întreprinderii în general. Cînd am descoperit, mai tîrziu, că o concepţie modificată despre natura ştiinţei transformă ceea ce a părut înainte drept o comportare aberantă într-un element esenţial al explicaţiei succesului ştiinţei, descoperirea a devenit o sursă de încredere în această nouă explicaţie"[1].

Ar fi însă naiv să presupunem că noua filozofie a ştiinţei, propusă de Th. Kuhn, este o simplă emanaţie a istoriei ştiinţei concepută ca o colecţie de fapte pure. Ar fi greu să explicăm, în acest caz, cum se face că aceste fapte au trecut pînă atunci nebăgate în seamă de filozofi. În realitate, în istoria ştiinţei, ca şi în orice alt domeniu al cunoaşterii empirice, faptele noi nu sînt descoperite decît în lumina unor idei noi. Contribuţiile originale ale lui Kuhn în istoria ştiinţei sînt indisociabile de ideile lui noi asupra ştiinţei. Pe de altă parte, Kuhn inovează în filozofia

[1] T. S. Kuhn, *Reflections on my Critics*, în vol. *Empiricism and the Growth of Knowledge*, p. 236.

ştiinţei în măsura în care inovează în istoria ştiinţei. Angajat într-un demers în esenţă circular, el cîştigă primele intuiţii ale concepţiei sale viitoare datorită orientării spre istorie, reexaminează şi rescrie în lumina acestor intuiţii, şi pe măsura conturării şi clarificării lor, diferite pagini din istoria ştiinţei pentru ca să elaboreze, în cele din urmă, pe terenul unei istorii înnoite a ştiinţei, o concepţie coerentă şi sistematică care pune în discuţie multe concepte şi idei consacrate în filozofia ştiinţei. Concluzia autorului „Structurii revoluţiilor ştiinţifice" este că, în ciuda plauzibilităţii lor abstracte, aceste concepte şi idei nu pot fi justificate şi apărate în lumina rezultatelor noii istorii a ştiinţei.

O evaluare a însemnătăţii şi originalităţii vederilor lui Kuhn nu poate fi făcută decît pe fundalul conceptelor şi ideilor directoare în orientările dominante ale filozofiei anglo-saxone a ştiinţei în momentul apariţiei cărţii sale. Este vorba, în primul rînd, de filozofia ştiinţei a empirismului sau pozitivismului logic şi de filozofia ştiinţei a lui Karl Popper, care a fost dezvoltată ca o concepţie în multe privinţe rivală cu cea a empirismului logic. De cele mai multe ori, în paginile cărţii, Kuhn îşi expune concepţia proprie nu prin raportare la vreun punct de vedere particular al unui anumit filozof al ştiinţei, ci la un cadru conceptual general, comun celor mai influente filozofii ale ştiinţei, cu care a intrat în contact în lecturile sale, dincolo de ceea ce le desparte[1]. Înainte de a încerca o scurtă schiţă a acestui cadru general, mi se pare important să atrag atenţia asupra faptului că deşi Kuhn a formulat critici la adresa unor idei centrale în filozofia empirismului logic, sistemul de referinţă cel mai adecvat pentru aprecierea noutăţii punctelor sale de vedere este, de cele mai multe ori, mai degrabă filozofia ştiinţei a lui Popper. Într-adevăr, empirismul logic a orientat filozofia ştiinţei spre reconstrucţia logică a teoriilor ştiinţifice mature, neglijînd în bună măsură studiul proceselor prin care are loc validarea teoriilor şi alegerea dintre teorii în comunităţile ştiinţifice. Kuhn a subliniat el însuşi acele apropieri de

[1] Semnificativă este în această privinţă următoarea observaţie din prefaţă: „...m-am abţinut de regulă să intru într-o discuţie detaliată a variatelor poziţii luate de filozofii contemporani în problemele respective. Scepticismul pe care l-am manifestat în unele cazuri viza mai degrabă o atitudine filozofică decît vreuna din expresiile ei pe deplin articulate".

orientare şi problematică dintre concepţia sa şi concepţia lui Popper asupra ştiinţei care fac din ultima un termen potrivit de comparaţie şi confruntare. „Ambii ne ocupăm de procesul dinamic prin care este cîştigată cunoaşterea ştiinţifică mai mult decît cu structura logică a produselor cercetării ştiinţifice reale. Dată fiind această preocupare, amîndoi subliniem, ca date legitime, faptele şi de asemenea spiritul vieţii ştiinţifice actuale şi amîndoi ne întoarcem adesea spre istorie spre a găsi astfel de date"[1].

Dintre presupoziţiile şi ideile directoare ale filozofiei popperiene a ştiinţei, unele din ele împărtăşite în comun cu empirismul logic cum menţionam mai sus, cu deosebire importante pentru evaluarea noutăţii concepţiei lui Kuhn mi se par următoarele:

a) Conceptul central pentru caracterizarea naturii şi dinamicii unei ştiinţe mature este conceptul de teorie ştiinţifică.

b) Teoria ştiinţifică este concepută ca un sistem de enunţuri.

c) Problema testării este problema centrală a filozofiei ştiinţelor empirice. Testarea unei teorii ştiinţifice constă în determinarea raportului logic dintre propoziţiile teoriei şi propoziţiile de observaţie (propoziţiile de bază în terminologia lui Popper). Testarea, concepută ca o confirmare a teoriei (Carnap), respectiv ca o falsificare şi coroborare a teoriei (Popper), este criteriul de demarcaţie a ştiinţei empirice de speculaţia incontrolabilă.

d) Eşecul unei teorii ştiinţifice în faţa testelor empirice, adică producerea unei contradicţii sistematice între consecinţele empirice deduse din teorie şi propoziţiile de observaţie, care exprimă rezultatele unor noi observaţii şi experimente, va atrage după sine abandonarea teoriei.

e) În cazul competiţiei dintre două sau mai multe teorii într-o disciplină ştiinţifică, alegerea se face după criterii logice şi empirice (în primul rînd rezultatele testelor empirice, dar şi alte criterii cum sînt puterea de unificare a teoriilor, măsura în care satisfac cerinţele principiului simplicităţii etc.) care nu depind de adoptarea uneia sau alteia dintre teoriile rivale, adică rămîn invariante

[1] T. S. Kuhn, *Logic of Discovery or Psychology of Research?* în *Empiricism and the Growth of Knowledge*, p. 1.

în trecerea de la o teorie la alta. Alegerea care are loc în urma aplicării acestor criterii se impune tuturor oamenilor care lucrează în această disciplină, independent de teoria pe care o împărtăşesc, atît timp cît ei se comportă în mod raţional.

f) Raportul dintre două teorii succesive într-o ştiinţă matură (de pildă, raportul dintre dinamica newtoniană şi dinamica einsteiniană) este bine exprimat prin principiul corespondenţei: vechea teorie poate fi justificată ca un caz particular al celei noi.

În momentul apariţiei cărţii lui Kuhn asemenea propoziţii se bucurau de o largă acceptare în rîndurile filozofilor ştiinţei, contribuind într-o măsură însemnată la conturarea a ceea ce el numeşte „imaginea despre ştiinţă dominantă astăzi". Mai mult, cum observă în prefaţa cărţii sale, ele pătrunseseră în conştiinţa metodologică curentă, în acea reprezentare asupra ştiinţei pe care practicianul unei discipline ştiinţifice nu o cîştigă în primul rînd prin lecturi filozofice, ci în procesul instrucţiei profesionale. Iată de ce susţinerea că, în ciuda plauzibilităţii lor abstracte şi a caracterului lor familiar, aceste vederi nu pot fi apărate în lumina datelor istoriei ştiinţei şi a observării vieţii ştiinţifice actuale, poate fi adoptată ca o primă caracterizare, este adevărat pur negativă, a noutăţii poziţiei lui Kuhn.

★

Pentru o abordare adecvată a discuţiei teoriei lui Kuhn, ca şi pentru înlăturarea unor neînţelegeri care pot genera critici nejustificate, sînt utile cîteva precizări prealabile asupra obiectului şi domeniului acestei teorii. Teoria lui Kuhn analizează natura şi dinamica ştiinţelor empirice, orientate spre cercetări fundamentale şi ajunse într-un anumit stadiu de maturitate. Teoria lui nu vizează, prin urmare, ştiinţele formale, logico-matematice, ştiinţele aplicative şi tehnice de orice fel, precum şi etapele iniţiale, de copilărie, ale unei ştiinţe. Kuhn precizează că informaţia de bază de la care a pornit a fost cea din istoria ramurilor fundamentale ale ştiinţelor naturii, dar că în ilustrarea şi argumentarea ideilor expuse în cartea sa s-a limitat la exemple din istoria fizicii şi chimiei. Pe de altă parte, obiectul cărţii îl constituie exclusiv analiza mecanismelor

interne ale cercetării şi ale schimbării caracterului cercetării în asemenea discipline ştiinţifice. Referirile la influenţa factorilor social-economici, politici şi ideologici intervin numai în acele cazuri în care aceştia condiţionează direct acele procese şi tranziţii dintr-o comunitate ştiinţifică, pe care autorul îşi propune să le analizeze.

Nu trebuie să se uite că apreciind comunitatea ştiinţifică disciplinară sau grupul disciplinar şi nu individul ca fiind ultima unitate care produce şi validează cunoaşterea ştiinţifică, Kuhn a evidenţiat însemnătatea deosebită a investigaţiei sociologice pentru înţelegerea naturii şi dinamicii ştiinţei. Fără îndoială că el este pe deplin conştient de faptul că apariţia, dezvoltarea şi supravieţuirea comunităţilor ştiinţifice disciplinare pe care le descrie în lucrările sale nu este posibilă decît în anumite condiţii sociale. Desigur, o analiză critică a tratării pe care o dă Kuhn influenţei factorilor sociali externi în contextul conceptual şi tematic particular al lucrării sale este necesară şi binevenită, mai ales că el însuşi indică în prefaţă unele asemenea aspecte care ar necesita o investigaţie mai adîncită. Ar fi însă nepotrivit să se reproşeze „Structurii revoluţiilor ştiinţifice" lipsa unei tratări cuprinzătoare a rolului cadrelor sociale în dezvoltarea ştiinţei, dincolo de graniţele pe care le fixează problematica specifică a acestei cărţi.

Asemenea oricărei teorii originale, teoria lui Kuhn are propria sa reţea conceptuală. Dintre „nodurile" cele mai importante ale acestei reţele menţionez concepte ca *paradigmă*, *comunitate ştiinţifică disciplinară*, *ştiinţă normală*, *rezolvare de probleme puzzle* şi *anomalie* pe de o parte, *criză*, *ştiinţă extraordinară*, *revoluţie ştiinţifică*, *incomensurabilitate* şi *conversiune* pe de altă parte. Conceptul central pe care se sprijină întreaga teorie este, cum a arătat şi Kuhn, conceptul de „paradigmă". Numărul explicaţiilor pe care le primeşte acest concept în paginile cărţii de faţă este deosebit de mare. Aici voi sublinia doar acele sensuri ale conceptului care sînt în mod deosebit relevante pentru originalitatea concepţiei lui Kuhn. Paradigmele sînt modele de practică ştiinţifică, care pot fi întîlnite în lucrările ştiinţifice clasice şi îndeosebi în manuale; ele stau la baza instrucţiei profesionale a unui grup disciplinar. Ca modele de practică ştiinţifică, paradigmele sînt, în esenţă, soluţii concrete ale unor probleme

exemplare pentru o anumită disciplină. Cel care se instruieşte şi lucrează într-o disciplină ştiinţifică matură învaţă pe baza acestor exemple să formuleze şi să rezolve noi probleme. Kuhn numeşte de aceea paradigmele „realizări ştiinţifice exemplare care, pentru o perioadă, oferă probleme şi soluţii model unei comunităţi de practicieni". În majoritatea cazurilor cînd vorbeşte de paradigme, în cartea sa, Kuhn nu are în vedere teorii ştiinţifice, ci aplicaţii ale ceea ce numim în mod curent teorii ştiinţifice în formularea şi rezolvarea unor probleme concrete ale cercetării. Semnificativ în această privinţă este faptul că manualele, care au un rol esenţial în fixarea unei paradigme şi în transmiterea ei viitorilor practicieni, conţin în foarte mică măsură explicaţii generale asupra naturii problemelor unei discipline, asupra tehnicilor şi metodelor generale de rezolvare a acestora, ci încep din capul locului cu prezentarea unor probleme concrete şi propun celui care se instruieşte să găsească şi să rezolve alte probleme, conducîndu-se după aceste modele. Kuhn consideră ca o particulariate marcantă a iniţierii şi practicii ştiinţifice mature, faptul că profesioniştii unui domeniu de cercetare primesc răspunsuri la întrebări asupra fundamentelor disciplinei de felul: „Care sînt entităţile fundamentale care constituie obiectul investigaţiei?", „Cum interacţionează acestea între ele şi cu simţurile noastre?", „Ce întrebări pot fi puse în mod legitim relativ la asemenea entităţi şi ce tehnici pot fi folosite în căutarea răspunsurilor?", „Ce condiţii trebuie să satisfacă un asemenea răspuns?" etc. nu în primul rînd pe calea însuşirii unor legi şi reguli generale, ci prin studiul unor probleme şi soluţii concrete.

Cunoaşterea asupra naturii şi asupra fundamentelor unei discipline ştiinţifice, cuprinsă în paradigme, este caracterizată de Kuhn, spre deosebire de cunoaşterea cuprinsă în enunţurile abstracte ale teoriei şi în regulile generale, ca o „cunoaştere tacită". El insistă asupra priorităţii paradigmelor faţă de regulile care pot fi abstrase din studiul lor. Paradigmele ghidează pe membrii grupului ştiinţific în rezolvarea unor noi probleme fără ca ei să poată preciza punct cu punct ce elemente şi ce structuri au transferat de la aceste modele şi fără să trebuiască să le fixeze în reguli. „Oamenii de ştiinţă lucrează după modele dobîndite prin educaţie şi prin asimilarea ulterioară a literaturii de specialitate, adesea neştiind şi neavînd nevoie

să știe ce caracteristici au conferit acestor modele statutul de paradigme ale comunității. Din această cauză, ei nu au nevoie de vreo mulțime completă de reguli". Iată de ce mulți practicieni eminenți ai cercetării întîmpină dificultăți cînd este vorba de a caracteriza fundamentele domeniului, problemele și metodele lui specifice. Ceea ce știu ei despre aceste lucruri se exprimă, mai degrabă, în capacitatea de a aplica creator ceea ce au învățat din studiul unor realizări științifice exemplare, decît în ceea ce ar putea exprima printr-un număr de formulări generale. Situația lor se aseamănă, din acest punct de vedere, cu cea a celor mai înzestrați meseriași (Kuhn are o predilecție deosebită pentru această analogie) și ne aduce aminte de distincția pe care o face Ryle[1] între a „ști cum" (know how) și a „ști că" (know that). În lumina acestor caracteristici pot fi mai bine înțelese unele precizări ale lui Kuhn ca de exemplu că paradigma, „ca realizare științifică exemplară, este o unitate care nu poate fi pe deplin redusă la constituenții ei elementari" sau că deși constituirea unei paradigme este legată de obicei de un nume ca Ptolemeu, Newton, Franklin sau Einstein, ea nu este opera unui singur om. Afirmații care, evident, nu se potrivesc teoriilor științifice în sensul obișnuit al termenului.

Kuhn caracterizează o comunitate științifică sau un grup disciplinar ca fiind constituite din cercetătorii care împărtășesc aceeași paradigmă. Faptul că membrii unei asemenea comunități au în comun o paradigmă explică împrejurarea că ei comunică reciproc relativ deplin și fără dificultăți ca și unanimitatea judecății lor profesionale.

„Știința normală" este termenul introdus de Kuhn pentru a desemna cercetarea bazată pe paradigmă, caracteristică pentru orice disciplină științifică care a ajuns la maturitate. Adoptarea unei paradigme înseamnă tocmai că membrii grupului disciplinar consideră fundamentele practicii lor științifice ca fiind pe deplin asigurate și în afara oricărei discuții. Acesta este un mare progres; căci odată acest cadru asigurat și discuția asupra fundamentelor depășită, se dezvoltă o practică științifică orientată spre rezolvarea unor probleme tot mai concrete, mai precise și mai adînci; specializarea devine acum posibilă și capătă

[1] Vezi G. Ryle. *The Concept of Mind*, New York, Barnes and Noble, Inc., 1949.

prestigiu ; scoaterea din discuție a tuturor problemelor ce vizează fundamentele disciplinei atrage după sine schimbări semnificative în forma de comunicare a rezultatelor cercetării etc. Caracteristica pregnantă a științei normale ca cercetare bazată pe paradigmă, spre deosebire de ceea ce Kuhn numește „știința extraordinară", este că nu vizează nici un fel de noutăți majore de ordin faptic sau conceptual. Nu sînt abordate decît probleme pentru care existența soluției este asigurată de către paradigma adoptată, ca de pildă determinarea unor noi constante cantitative, formularea unor legi cantitative tot mai precise etc.

În esență, cercetarea normală este o activitate îndreptată spre rezolvarea unor probleme de un tip special, pe care Kuhn le numește „puzzle". El explică natura acestor probleme prin analogie cu jocurile în care copiii recompun o imagine prin alăturarea unor cuburi (jigsaw-puzzle), cu cuvintele încrucișate și cu problemele de șah. În toate aceste cazuri se știe că există o soluție și se cunosc condițiile generale pe care trebuie să le satisfacă o soluție, dar este necesară pricepere, inventivitate și chiar spirit creator, în cazul problemelor științei normale și a problemelor de șah, pentru a ajunge la o asemenea soluție. Iată de ce rezolvarea de probleme-puzzle îi poate pasiona pe cei mai înzestrați și creatori cercetători în ciuda lipsei de noutate a soluției. Kuhn subliniază că deși rezultatele cercetărilor normale „pot fi anticipate adesea atît de detaliat încît ceea ce mai rămîne de aflat devine, în sine, neinteresant, modul de a obține acele rezultate este extrem de nesigur. A rezolva o problemă de cercetare normală înseamnă a obține anticipatul într-un mod nou, și pentru aceasta, trebuie rezolvate tot felul de puzzle complexe, de natură instrumentală, conceptuală și teoretică". Din faptul că problemele științei normale sînt puzzle în sensul că existența unei soluții este asigurată dar găsirea soluției este deosebit de dificilă, Kuhn desprinde o concluzie de cea mai mare importanță pentru înțelegerea științei normale și anume, că atît timp cît fundamentele disciplinei sînt în afara discuției, orice eșec al cercetării în atingerea rezultatului prescris de paradigmă va fi atribuit omului de știință și nu va fi pus nici într-un caz pe seama paradigmei. Într-adevăr, dacă problemele cercetării normale sînt puzzle, înseamnă că rezolvarea lor este asigurată cu condiția ca cercetătorii să fie suficient de inventivi și ingenioși. Pro-

blemele ştiinţifice care nu pot fi rezolvate nici cu un maximum de pricepere profesională şi inventivitate nu sînt puzzle. Lipsa unei soluţii pentru asemenea probleme nu-l va afecta pe omul de ştiinţă normală. Urmează că atît timp cît membrii unui grup disciplinar împărtăşesc o anumită paradigmă, ei îşi menţin convingerea fermă că toate problemele formulate pe baza acestei paradigme vor fi, în cele din urmă, rezolvate. A gîndi astfel, susţine Kuhn, înseamnă a ajunge în situaţia meseriaşului care pune vina pe unelte.

Înţelegerea cercetării normale în disciplinele ştiinţifice ajunse la maturitate ca activitate de rezolvare a unor probleme de tip puzzle implică consecinţe filozofice şi metodologice de cea mai mare însemnătate. Constatările asupra unor efecte neaşteptate, care contrazic aşteptările cercetătorilor ce lucrează pe baza unei anumite paradigme, sînt calificate de Kuhn drept „anomalii". Ca noutăţi neaşteptate, anomaliile apar ca fenomene contrastante şi contrariante pe fundalul unei practici ştiinţifice încununate de succes, fenomene ce se cer a fi eliminate. Cercetarea normală, inaugurată prin adoptarea unei paradigme de către membrii unui grup disciplinar, este confruntată de la început cu anomalii. Kuhn se opreşte, de exemplu, asupra evidenţierii anomaliilor cu care a fost confruntată de la început paradigma newtoniană[1]. Tocmai înlăturarea anomaliilor este unul din obiectivele cercetării normale. Departe de a fi apreciate drept contra-exemple, care pun în discuţie paradigma, ele vor fi considerate ca probleme-puzzle. Kuhn rupe astfel cu tradiţia, bine statornicită printre filozofii ştiinţei, de a considera progresele în creşterea sferei şi preciziei de aplicare a unei paradigme drept confirmări ale unei teorii ştiinţifice, iar producerea anomaliilor drept contra-exemple, drept infirmări şi falsificări ale teoriei. De fapt, în primul caz, este vorba de rezolvarea cu succes a unor probleme-puzzle, în al doilea caz, de apariţia unor noi probleme de acest tip, care sînt propuse spre rezolvare membrilor grupului disciplinar şi nicidecum

[1] „Există întotdeauna unele discrepanţe. De obicei, chiar şi cele mai îndărătnice se supun pînă la urmă ştiinţei normale. Foarte adesea, oamenii de ştiinţă sînt dispuşi să aştepte, mai ales dacă îi solicită numeroase probleme în alte zone ale domeniului lor...Nimeni nu a contestat serios teoria lui Newton datorită discrepanţelor, multă vreme admise, între predicţiile teoriei şi viteza sunetului sau mişcarea planetei Mercur".

de ceea ce are în vedere filozoful ştiinţei : o confruntare directă a consecinţelor teoriei cu natura. Nu confirmabilitatea sau falsificabilitatea principială, într-un cuvînt testabilitatea, ci capacitatea de a rezolva probleme-puzzle pe baza unei paradigme este în concepţia lui Kuhn criteriul de delimitare a ştiinţei de speculaţia incontrolabilă. Nu testarea, ci rezolvarea de probleme este caracteristica distinctivă a ştiinţei mature[1].

Aceasta este o bună ilustrare a modului cum formularea unei teorii originale asupra naturii ştiinţei îl conduce pe Kuhn la un nou fel de a vedea situaţii tipice, repetabile, ce survin în istoria oricărei discipline ştiinţifice mature. Situaţiile în care filozofii vorbesc în mod obişnuit de testarea unei teorii ştiinţifice prin confruntarea ei cu datele de observaţie sînt văzute de Kuhn ca activităţi obişnuite ale cercetării normale. Kuhn nu numai că dislocă problema testării din poziţia centrală pe care o deţinea în filozofia ştiinţei a lui Popper şi a empirismului logic, pentru a nu spune că, în realitate, ştiinţa nu cunoaşte, după el, o asemenea problemă, dar explică şi raţiunile „pentru care ştiinţa părea să ofere un exemplu atît de convingător generalizării că adevărul şi falsitatea sînt unic şi precis determinate de confruntarea enunţurilor cu faptele. Ştiinţa normală se străduieşte (şi trebuie să se străduiască) permanent să realizeze o corespondenţă cît mai bună între teorie şi fapte ; această activitate poate fi lesne privită ca o testare sau ca o încercare de confirmare sau infirmare. În realitate, obiectivul ei este rezolvarea unui puzzle, pentru a cărui simplă existenţă trebuie presupusă validitatea paradigmei. Eşecul în obţinerea unei soluţii discreditează numai omul de ştiinţă nu şi teoria. Aici, mai mult decît înainte, este valabil proverbul : «Este un prost dulgher cel care aruncă vina pe unelte »". Aşa-numitele teste din ştiinţa normală îl testează de fapt pe omul de ştiinţă şi nu teoria cu care lucrează. Kuhn crede că pentru cel care nu judecă demersurile cercetării ştiinţifice din-afară, ci le cunoaşte din propria sa activitate, un asemenea mod de a vedea îi va apărea mult mai apropiat decît ceea ce numeşte „stereotipul metodologic al falsificării (teoriei — n.m.) prin comparaţie directă cu natura".

---

[1] Vezi T. S. Kuhn, *Logic of Discovery or Psychology Research?* în *Empiricism and the Growth of Knowledge.*

Pentru o mai bună fixare a ideilor putem considera că întreaga problematică a cărții lui Kuhn se centrează asupra răspunsului la două întrebări : (1). Care sînt fundamentele practicii științifice într-o disciplină matură ?, (2) Cum are loc transformarea fundamentelor acestei practici, trecerea de la un model de practică științifică la altul? Cele spuse pînă acum oferă, în linii mari, răspunsul la prima întrebare. Cum răspunde cartea lui Kuhn la a doua întrebare?

Dacă anomaliile sînt fenomene obișnuite ale oricărei cercetări normale, în schimb anomaliile „severe și îndelungate" pot fi considerate ca semne neîndoielnice că paradigma adoptată de grupul disciplinar a încetat să mai funcționeze ca un instrument eficace de soluționare a problemelor unei discipline științifice. Dacă orice problemă -puzzle poate fi soluționată cu condiția ca cercetătorul să posede destulă inventivitate, inspirație și spirit creator, rezultă că atunci cînd un număr tot mai mare de probleme importante ale cercetării rezistă eforturilor îndelungate și repetate de rezolvare, desfășurate de generații de savanți talentați, în rîndurile membrilor grupului disciplinar își va face loc și va cîștiga teren îndoiala cu privire la capacitatea paradigmei pe baza căreia s-a lucrat pînă atunci de a defini într-un mod corespunzător problemele disciplinei și de a asigura soluționarea lor. O asemenea perioadă de incertitudine profesională în care se pune problema reevaluării fundamentelor unei discipline științifice[1] este denumită de Kuhn „criză". Eșecul repetat al încercărilor de a rezolva pe baza paradigmei probleme practice presante (de pildă, probleme referitoare la calendar în astronomie) este considerat de Kuhn ca unul din factorii importanți ce pot grăbi sau adînci o criză.

Conceptul de criză este unul din cele mai ambigui dintre conceptele introduse de Kuhn. Nu sînt date criterii obiective pentru aplicarea acestui concept. Dacă anomaliile sînt sau nu „îndelungate și severe", dacă o paradigmă mai este sau nu în măsură să rezolve problemele unei discipline științifice, sînt chestiuni care privesc mai puțin o situație care poate fi caracterizată în termeni obiectivi, cît modul cum reacționează membrii grupului față de situația în care

[1] „Ca și în manufactură, și în știință refacerea uneltelor este o extravaganță rezervată numai ocaziilor care o cer. Semnificația crizelor rezidă tocmai în a indica că momentul refacerii uneltelor a sosit".

se găsește disciplina la un moment dat. Kuhn recunoaște, de fapt, că întrebările pe care le ridică investigarea stării de criză solicită mai mult competența psihologului decît a istoricului științei. În ansamblu, el apreciază că descrierea procesului de trecere de la o paradigmă la alta constituie una din părțile cele mai ipotetice și mai incomplete ale cărții sale.[1]

Cîteva lucruri sînt totuși destul de clare. În primul rînd, că centrarea interesului comunității științifice pe anomalii, caracteristică crizei, încercările persistente și multiplicate de a înlătura cele mai supărătoare anomalii vor avea ca efect o proliferare a paradigmei în diferite variante și o slăbire considerabilă a regulilor științei normale. Rezultă o situație de îndoială și incertitudine în ceea ce privește fundamentele cercetării, pe care Kuhn o caracterizează în termenii următori: „Deși mai există o paradigmă, puțini practicieni vor mai fi întrutotul de acord cu ea. Sînt puse la îndoială chiar și soluțiile, pînă atunci considerate standard, ale problemelor rezolvate". Aceasta este situația în care o paradigmă alternativă poate fi privită și examinată de unii membri ai grupului disciplinar drept o cale radicală de depășire a greutăților.

În al doilea rînd, delimitîndu-se de falsificaționism, mai bine zis de ceea ce Lakatos a numit falsificaționism naiv [2], Kuhn accentuează că decizia de a abandona definitiv o paradigmă este simultană cu decizia de a adopta alta ca bază a științei normale și că „evaluarea care duce la o astfel de decizie implică compararea fiecărei paradigme atît cu natura cît și cu cealaltă paradigmă". Renunțarea la o paradigmă fără înlocuirea ei simultană cu alta echivalează cu renunțarea la știință. În al treilea rînd, Kuhn nu consideră înlocuirea unei paradigme cu alta ca singurul mod posibil de a încheia o criză într-o disciplină științifică matură. Uneori criza poate fi depășită prin eliminarea anomaliilor și restabilirea practicii obișnuite a cercetării normale. (Aceasta arată din nou că pentru Kuhn criza

---

[1] Indicînd în prefață unele probleme insuficient adîncite în lucrare, Kuhn menționează că „felul în care anomaliile sau înșelarea așteptărilor atrag tot mai mult atenția unei comunități științifice necesită un studiu detaliat; aceeași observație este valabilă și pentru apariția crizelor care pot fi generate de eșecul repetat în corectarea unei anomalii".

[2] Vezi J. Lakatos, *Falsificationism and the Methodology of Scientific Research Programmes* în *Criticism and the Growth of Knowledge*.

desemnează nu atît o evoluție obiectivă și ireversibilă spre subminarea fundamentelor unei practici științifice, cît o stare de spirit a grupului disciplinar caracterizată prin incertitudine, îndoială, insatisfacție și dezorientare, provocată de anomalii majore și persistente.) Alteori, încercările de a elimina anomaliile sînt provizoriu sistate, în speranța că o viitoare îmbunătățire a instrumentelor de lucru va face posibilă înlăturarea lor și o cercetare încununată de succes pe baza paradigmei va deveni din nou posibilă. Revoluția științifică este un deznodămînt, dar nu singurul deznodămînt posibil al cercetării extraordinare, generate de criză.

Kuhn caracterizează revoluția științifică ca un proces *necumulativ*, în care o paradigmă mai veche este înlocuită, parțial sau integral, de o nouă paradigmă, incompatibilă cu ea. În concepția lui Kuhn, dinamica oricărei discipline științifice mature se constituie, prin urmare, din două etape distincte: a) cercetarea normală sau cercetarea bazată pe paradigmă, o activitate *cumulativă* de rezolvare a problemelor-puzzle care lasă neatinse fundamentele disciplinei: teoriile, faptele esențiale, valorile științifice, metodele și tehnicile fundamentale de cercetare; b) revoluția științifică, ca prefacere a fundamentelor, reprezintă, dimpotrivă, o *întrerupere a continuității*, trecerea de la o formă de practică științifică la alta, calitativ diferită. În mod curent dinamica științei este considerată îndeosebi în forma pe care o cunoaște în timpul revoluțiilor științifice. Faptul că cercetarea normală nu produce noutăți fundamentale și neașteptate explică, în bună măsură, de ce istoricii și popularizatorii științei i-au acordat o atenție așa de mică. Pe de altă parte, filozofi ai științei ca Popper, observă Kuhn, sînt înclinați să caracterizeze întreaga întreprindere științifică în termenii a ceea ce se întîmplă în perioada revoluțiilor științifice[1]. Centrul concepției despre știință a lui Kuhn și elementul care îi conferă în primul rînd originalitatea este conceptul de știință normală, de cercetare bazată pe paradigmă. Cercetarea normală este munca pe care o fac chiar și cei mai mari oameni de știință, cea mai mare parte a timpului. Educația științifică îi pregătește pe viitorii cercetători pentru cercetarea normală, nu pentru cea extraordinară. Cercetarea normală, ca rezolvare de probleme-puzzle, caracterizează în mod

[1] Vezi T. S. Kuhn, *Logic of Discovery or Psychology of Research?*

fundamental specificitatea ştiinţei, ca demers cognitiv. Mai mult, consideră Kuhn, numai conceptele de ştiinţă normală, paradigmă şi rezolvare de probleme-puzzle oferă fundalul pentru o înţelegere adecvată a dinamicii ştiinţei în perioada cercetării extraordinare şi a revoluţiei ştiinţifice. Sub acest aspect, vederile expuse în „Structura revoluţiilor ştiinţifice" implică, cum am observat, o delimitare constantă, deşi de cele mai multe ori implicită, faţă de concepţia lui Popper, autorul celei mai elaborate teorii asupra dinamicii ştiinţei pînă la Kuhn.

Kuhn se delimitează mai întîi de Popper şi de alţi filozofi ai ştiinţei prin înţelegerea revoluţiei ştiinţifice ca tranziţie de la o paradigmă la alta, nu de la o teorie la alta. În acest sens, este cu deosebire semnificativă sublinierea repetată a faptului că „revoluţiile ştiinţifice par revoluţionare numai celor ale căror paradigme sînt afectate de ele". Dimpotrivă, tranziţia de la o teorie la alta este un eveniment vizibil şi resimţit ca revoluţionar mult în afara limitelor unui mic grup disciplinar.

Pivotul concepţiei originale asupra revoluţiei ştiinţifice, pe care Kuhn o dezvoltă în cartea de faţă, este teza *incomensurabilităţii* paradigmelor ce se succed şi se înlocuiesc în evoluţia unei discipline ştiinţifice mature. Paradigmele sînt incomensurabile, în primul rînd, fiindcă implică presupoziţii diferite şi incompatibile cu privire la entităţile de bază ale domeniului studiat de o disciplină şi cu privire la comportarea lor. Kuhn critică aşa-numitul principiu al corespondenţei, promovat încă de pozitivismul logic timpuriu, după care o teorie ştiinţifică poate fi dedusă ca un caz particular al unei noi teorii care o înlocuieşte. El argumentează, de pildă, că legile lui Newton nu sînt, cum se susţine curent, un caz limită al legilor lui Einstein, fiindcă conceptele dinamicii newtoniene şi einsteiniene sînt incomensurabile şi, prin urmare, ireductibile unele la celelalte. Paradigmele sînt incomensurabile, în al doilea rînd, fiindcă implică criterii diferite de delimitare a problemelor unei discipline şi a soluţiilor lor legitime. În al treilea rînd, observaţiile pe care le fac cercetătorii dintr-o disciplină atunci cînd împărtăşesc paradigme deosebite sînt şi ele incomensurabile. Privind din acelaşi punct în aceeaşi direcţie — cum spune Kuhn — aceşti cercetători vor fi stimulaţi senzorial în acelaşi fel; constituţia aparatului lor senzorial va fi de asemenea aceeaşi; cu toate

acestea ei vor percepe, de regulă, lucruri diferite datorită cunoașterii tacite cuprinse într-o paradigmă, care se interpune pe circuitul stimul-percepție. Cercetătorul este captivul paradigmei în care lucrează și nu poate, în principiu, să compare propriile observații cu cele ale unui cercetător care lucrează în cadrul altei paradigme[1]. Dacă trece de la o paradigmă la alta, cercetătorul va califica modul în care a văzut înainte obiectele cercetării, ca greșit. Kuhn explică cum incomensurabilitatea paradigmelor, ca aspect fundamental al dezvoltării științei, poate scăpa atenției practicienilor unei discipline ca și a filozofilor științei, între altele, prin rolul deosebit pe care îl primesc manualele, ca principala sursă a culturii profesionale a cercetătorilor în toate disciplinele științifice mature. Responsabilitatea manualelor în ceea ce privește înrădăcinarea viziunii cumulative asupra dinamicii științei decurge din faptul că în ele istoria unei discipline este scrisă în lumina problemelor, conceptelor și criteriilor de evaluare caracteristice pentru ultima ei paradigmă. Iată de ce tranziția de la o paradigmă la alta va genera inevitabil mutații radicale în ceea ce privește modul de prezentare a istoriei disciplinei în manuale.

Teza incomensurabilității atrage după sine puncte de vedere noi și șocante cu privire la natura procesului de tranziție de la o paradigmă la alta și de alegere între paradigme[2]. Dacă problemele, conceptele, observațiile și în general criteriile de evaluare pe care le adoptă cercetătorii unei discipline care lucrează în cadrul a două paradigme diferite sînt incomensurabile, urmează că în discuțiile dintre ei va interveni ceea ce Kuhn numește „o ruptură de comunicație". Argumentele celor două partide în sprijinul superiorității paradigmei pe care o împărtășesc vor fi, de regulă, circulare, în sensul că vor putea fi înțelese și

---

[1] Ideea dependenței observațiilor de probleme, teorii, educație, cunoștințe anterioare a fost elaborată pentru prima dată de N. R. Hanson (Patterns of Discovery, 1958) și susținută cu argumente originale, în paralel cu Kuhn, de P. K. Feyerabend.

[2] Kuhn nu își propune să răspundă în cartea sa și în cercetările sale ulterioare la întrebarea cum are loc inventarea unei noi paradigme. Problema sa este în esență o problemă psihosociologică: „Care este procesul prin care un nou candidat la statutul de paradigmă își înlocuiește predecesorul?", „Ce determină grupul să abandoneze o tradiție de cercetare normală în favoarea alteia?"

acceptate numai de cercetătorii care lucrează în cadrul aceleiași paradigme. Fiecare din cele două partide va considera, de pildă, problemele pe care le rezolvă propria paradigmă ca fiind mai importante. Compararea și evaluarea a două paradigme rivale pe baza unor criterii logice, intersubiective și a unui stoc compact de date de observație, invariante în raport cu adoptarea unei paradigme sau a alteia și cu trecerea de la o paradigmă la alta, nu este, în general, posibilă. Kuhn nu contestă în principiu că cercetătorii care lucrează în cadrul unor paradigme diferite pot împărtăși unele valori științifice comune ca simplicitatea, precizia sau acordul cu teorii acceptate în alte discipline. Ponderea acordată acestor valori în cazul cînd ele intră în conflict, ca și modul lor de aplicare, va diferi însă pentru profesioniștii care adoptă paradigme diferite astfel că și evaluările ce vor rezulta din aplicarea lor vor fi diferite și incompatibile. Pe aceste temeiuri, Kuhn contestă presupunerea esențială pentru o întreagă tradiție în filozofia științei, și anume, că există criterii independente de adoptare a unei paradigme sau a alteia, care permit o evaluare și o decizie în cazul disputei dintre paradigme. Această presupunere a fost terenul pe care a apărut și s-a dezvoltat preocuparea de a elabora criterii raționale de comparare a teoriilor științifice, preocupare care ocupă un loc important în filozofia contemporană a științei.[1] Respingînd-o, Kuhn înclină să considere asemenea criterii drept invenții ale filozofilor care privesc o istorie ideală, reconstruită, și nu istoria reală a științei.

Dacă cei care argumentează pentru paradigme rivale vorbesc limbi diferite, rezultă că decizia în disputa dintre paradigme nu poate fi produsă pe baza unor dovezi independente de paradigmă, care se impun în mod constrîngător celor două tabere în dispută. „Tocmai pentru că este o tranziție între incomensurabile, trecerea de la o paradigmă la o paradigmă rivală nu poate fi făcută pas cu pas, constrînsă de logică și de o experiență neutră". Acest

[1] În această direcție au lucrat în mod deosebit, în ultimele două decenii, Popper și Lakatos. Pentru Popper, de pildă, o teorie este mai bună decît alta fiindcă explică mai multe fapte decît alta și le explică mai bine, prezice noi fapte alături de cele prezise de vechea teorie și le prezice mai precis etc. (Vezi K. Popper, *Adevăr, raționalitate și progresul cunoașterii*, în vol. *Logica științei*, Ed. politică, București, 1970).

răspuns negativ pe care îl dă Kuhn întrebării cu privire la caracterul tranziției de la o paradigmă la alta este urmat de un răspuns pozitiv: prin *convertire*. Termenul, folosit îndeobște pentru a desemna mutații bruște în credințele religioase, este adoptat de Kuhn pentru a sugera că hotărîtoare în tranziția de la o paradigmă la alta este o schimbare bruscă care intervine în viziunea profesională a cercetătorilor dintr-o disciplină. Prin natura ei o asemenea tranziție este mai apropiată de acele treceri de la o configurație la alta, studiate de psihologia gestaltistă, decît de una rezultată dintr-o decizie ce urmează cîntăririi scrupuloase și îndelungate a unor argumente pro și contra, ce ar avea aceeași valoare și greutate pentru cei care urmează, la un moment dat, două modele diferite de a practica o disciplină.

În încheierea cărții sale, Kuhn încearcă să dea un răspuns la întrebarea dacă în cunoașterea științifică există în general progres și dacă revoluțiile științifice, văzute în acest fel, constituie un progres.

Progresul în cercetarea normală este indiscutabil ca și în cazul oricărei activități intelectuale consacrată de un grup unor probleme comune și evaluată după criterii general acceptate. Atît timp cît membrii comunității cad de acord asupra fundamentelor unei discipline vor exista premisele necesare pentru constituirea unei judecăți profesionale unanime privitoare la acele probleme și soluții care reprezintă un pas înainte. Discuția asupra progresului și criteriilor progresului într-o disciplină științifică devine critică numai cu referire la perioadele de tranziție revoluționară. Desigur, pentru acei membri ai unui grup disciplinar care adoptă o nouă paradigmă, victoria ei va reprezenta un progres, iar istoria disciplinei așa cum apare ea în manualele scrise pe baza ultimei paradigme va lua desigur forma unei dezvoltări progresive. Făcîndu-și instrucția științifică pe baza manualelor, practicianul obișnuit va ajunge inevitabil să vadă trecutul „ca ducînd în linie dreaptă la punctul de vedere actual al disciplinei sale. Pe scurt, el ajunge să îl vadă ca progres". Întrebarea crucială este însă dacă există unele criterii ale progresului care sînt independente de adoptarea unei anumite paradigme și pot fi acceptate în comun de către cei care au fost formați în cadrul unor paradigme diferite.

Negarea existenței unor asemenea criterii echivalează cu negarea progresului științific, în accepția curentă a

termenului. Mulţi critici care vor califica concepţia lui Kuhn asupra istoriei ştiinţei ca „relativistă" consideră că el a adoptat tocmai această poziţie, ca o consecinţă majoră ce rezultă din teza incomensurabilităţii paradigmelor. Prima parte a capitolului final al cărţii, intitulat „Progres prin revoluţii", lasă într-adevăr impresia că autorul adoptă un punct de vedere „relativist" în sensul indicat mai sus. „De ce ar însoţi progresul, aparent întotdeauna, revoluţiile ştiinţifice? Din nou, putem afla multe întrebîndu-ne ce alt rezultat ar putea avea o revoluţie ştiinţifică. Revoluţiile se încheie printr-o victorie totală pentru una din cele două tabere opuse. Va spune vreodată acea tabără că rezultatul victoriei ei va însemna mai puţin decît progres? Aşa ceva nu ar fi departe de a admite că ei au greşit şi că adversarii au avut dreptate. Cel puţin pentru ei, rezultatul revoluţiei trebuie să însemne progres şi au toate posibilităţile pentru a face ca viitorii membri ai comunităţii lor să vadă istoria trecută în acelaşi mod". Poziţia relativistă expusă în aceste rînduri nu este totuşi, cum se poate vedea la o lectură atentă a ceea ce urmează, poziţia îmbrăţişată, în cele din urmă, de Kuhn. El este pe deplin conştient de faptul că nu se poate vorbi de progres în istoria unei discipline ştiinţifice fără recunoaşterea existenţei unor valori şi criterii relativ invariante în trecerea de la o paradigmă la alta. În ultima parte a acestui capitol, atît de important pentru aprecierea poziţiei filosofice a lui Kuhn, existenţa unor asemenea criterii este afirmată chiar dacă nu fără nici un fel de rezerve şi de echivoc*.

Pentru a învinge, scrie el, un nou candidat la paradigmă trebuie să satisfacă, de regulă, „două condiţii extrem de importante. În primul rînd, noul canditat trebuie să pară că rezolvă unele probleme proeminente şi general recunoscute că nu pot fi abordate altfel. În al doilea rînd, noua paradigmă trebuie să garanteze păstrarea unei părţi relativ mari a capacităţii concrete de rezolvare a problemelor pe care predecesoarele ei au încorporat-o ştiinţei. În consecinţă, deşi noile paradigme nu dispun decît rareori sau niciodată de toate capacităţile predecesoarelor lor,

* O respingere categorică a acuzaţiei de relativism şi o explicare mai clară a modului cum înţelege progresul prin revoluţii în ştiinţă există în *Postscriptum*, scris la 7 ani după apariţia primei ediţii a cărţii.

ele păstrează de obicei o bună parte din componentele cele mai concrete ale realizărilor trecute și întotdeauna permit și alte soluții concrete ale problemelor". Reprezentanții unor tradiții diferite de cercetare acceptă, prin urmare, în comun unele probleme și soluții de probleme. Fără continuitate nu poate fi vorba de progres. Afirmație care se dovedește valabilă în știință în aceeași măsură ca și în alte domenii de activitate. Progresul este tocmai unitatea continuității și discontinuității. Ceea ce, în proprii săi termeni, recunoaște și Kuhn. Deși în tranziția de la o paradigmă la alta are loc o deplasare a problemelor, deși unele din vechile probleme dispar iar sfera preocupărilor profesionale ale grupului disciplinar se schimbă, Kuhn admite în același timp că în urma unei revoluții științifice „atît lista problemelor rezolvate de știință, cît și precizia soluțiilor individuale nu vor înceta să crească".

Unul din cele mai puțin clare și discutabile momente ale concepției lui Kuhn asupra dinamicii științei este, fără îndoială, critica pe care o face concepției despre progres ca apropiere de adevăr, concepție care în filozofia occidentală a științei a fost dezvoltată cu mai mult răsunet îndeosebi în scrierile recente ale lui Popper. Kuhn manifestă rețineri mai ales față de evaluarea progresului în raport cu o limită ideală spre care tinde evoluția unei discipline științifice. El califică o asemenea noțiune despre progres ca „teleologică". Această caracterizare nu se potrivește însă formulărilor evoluate ale ideii apropierii de adevăr în scrierile filozofilor marxiști și nemarxiști contemporani. Pentru ei apropierea de adevăr nu implică, cum susține Kuhn, un „adevăr științific fixat o dată pentru totdeauna, în raport cu care fiecare etapă în dezvoltarea cunoașterii științifice este o copie mai bună". În știință, ca și în alte domenii de activitate, ideea de progres este consistentă numai dacă se admite continuitatea și evoluția într-o direcție determinată. Iar în determinarea acestei direcții, a acestui sens al evoluției, intră și gîndirea punctului ei limită ca obiect ideal. Gîndirea acestui punct limită nu implică cîtuși de puțin existența unui plan prestabilit și un scop final, dinainte fixat. Dacă nu s-ar admite aceasta, Kuhn însuși ar putea fi acuzat de finalism și teleologism numai fiindcă recunoaște că succesiunea paradigmelor în istoria unei discipline produce „un instrument mai perfecționat, în toate sensurile, decît cele cunoscute pînă

atunci". Dacă avem criterii pentru a evalua un instrument ca „mai perfecționat" decît altul, nu permit oare aceste criterii să ne facem o idee despre unele din caracteristicile pe care le-ar avea cel mai bun instrument, instrumentul ideal? În măsura în care respinge relativismul radical și recunoaște un progres în succesiunea paradigmelor unei discipline, Kuhn se sustrage, tot atît de puțin ca și filozofii pe care îi critică, gîndirii punctului limită al unei evoluții, care s-a desfășurat pînă în prezent într-o direcție determinată.

Pe de altă parte, Kuhn nu a probat că o nouă paradigmă ca „un instrument mai perfecționat" de rezolvare a problemelor nu ar putea fi caracterizată în raport cu paradigmele anterioare și ca o „apropiere de adevăr". Intransigența cu care Kuhn respinge conceperea progresului științific ca apropiere de adevăr contrastează cu slăbiciunea argumentelor pe care le aduce.

★

Prima ediție a cărții lui Kuhn, apărută în 1962, s-a bucurat de mult interes în cercurile largi ale oamenilor de știință, a fost primită cu simpatie de istoricii științei, dar a provocat reacții critice violente și pătimașe din partea filozofilor științei de orientare popperiană și analitică. Această recepție este un indiciu că lucrarea lui Kuhn spune lucruri diferite unor categorii de cititori despărțiți prin cultură profesională, interese și mod de abordare a problemelor științei, prin susceptibilități și idiosincrazii particulare. Oamenilor care au practica cercetării, îndeosebi în științele naturii, concepția lui Kuhn despre știința normală ca cercetare bazată pe paradigmă și despre natura problemelor științei normale le-a apărut în același timp ca perspicace și apropiată [1]. Cît privește istoricii științei, acestora concepția lui Kuhn li se înfățișează ca o primă încercare de a explica o serie de aspecte ale comportării oamenilor de știință, de care se lovesc în fiecare moment în cercetările lor (de pildă, rezistența lor față de noutățile teoretice și faptice, propuse de alții), pe care filozofii științei înclinau să le taxeze ca abateri de la normele prin

[1] Vezi, în această privință, M. Masterman, *The Nature of a Paradigm*, în *Criticism and the Growth of Knowledge*.

care defineau o atitudine științifică și rațională și să le atribuie pur și simplu, ca și abaterile de la normele morale, unor slăbiciuni omenești. Ceea ce i-a atras în mod deosebit pe istoricii științei la Kuhn a fost explicația firească care decurge din considerarea istoriei unei discipline ca o succesiune de paradigme, pentru faptul, atît de important din punctul de vedere al istoriei, că în epoci trecute se putea face știință după canoane și criterii foarte deosebite de cele care conduc astăzi activitatea grupului disciplinar. În rîndurile filozofilor științei, dimpotrivă, vederile lui Kuhn au dat naștere unui sentiment de frustrare. Lucrul este de înțeles fiindcă, așa cum arătam, premisele și supozițiile filozofice de bază de la care pleacă concepția lui Kuhn contrastează puternic cu abordarea standard. Ceea ce a conferit însă reacției cu care a fost întîmpinată cartea lui o încărcătură afectivă și o vehemență aproape fără egal a fost impresia multora dintre critici, că Th. Kuhn caracterizează comportarea comunităților științifice, care lucrează în disciplinele cele mai mature, ca *irațională*![1] Descriind recepția ideilor lui Kuhn de către acești critici, W. Stegmüller scrie că după ei, „Structura revoluțiilor științifice" caracterizează ca irațională atitudinea cercetătorului atît în perioada științei normale cît și a celei extraordinare: „Omul care practică știința normală este un dogmatic mărginit care se agață necritic de o teorie. Iar celălalt, care se ocupă cu cercetarea extraordinară, ce duce la revoluțiile științifice, este un fanatic religios care a trăit sentimentul convertirii și încearcă acum cu toate mijloacele persuasiunii și propagandei să convertească și pe alții la « noua paradigmă » pe care a adoptat-o" [2]. Într-o formă simplificată și schematizată, principalele obiecții ale filozofilor, care au supus examenului critic cartea lui Kuhn, pot fi sistematizate astfel:

---

[1] Pentru aceste acuzații de iraționalism la adresa concepției lui Kuhn vezi articolele lui D. Shapeare, *The Structure of Scientific Revolutions*, Philosophical Review, 73/1964 și *Meaning and Scientific Change* în vol. *Mind and Cosmos*, ed. R. G. Colodny 1966, cartea lui I. Scheffler *Science and Subjectivity*, 1967, precum și contribuțiile lui J. W. N. Watkins, *Against „Normal Science"*, K. R. Popper, *Normal Science and its Danger* și I. Lakatos *Falsificationism and the Methodology of Scientific Research Programmes*, în vol. *Empiricism and the Growth of Knowledge*.

[2] W. Stegmüller, *Logische Analyse der Struktur ausgereifter physikalischer Theorien*, Springer-Verlag, 1973, Vorwort zum zweiten Halbband, III.

(1) Existența istorică a științei normale este îndoielnică. Nici o disciplină nu este dominată decenii și secole de-a rîndul de o singură paradigmă. Există, dimpotrivă, teorii concurente și discuții bazate pe argumente raționale între adepții acestor teorii. Interpretînd știința normală ca o perioadă de practică științifică bazată pe acceptarea necritică a unei teorii, Popper și Watkins afirmă că știința normală, chiar dacă are o existență istorică, este departe de ceea ce trebuie să fie știința ca întreprindere critică și rațională. Acceptarea fără critică a unei teorii nu favorizează progresul cunoașterii și este un pericol pentru știință.

(2) Teza incomensurabilității paradigmelor este rezultatul unei exagerări. Chiar dacă două teorii rivale implică unele supoziții incomensurabile există, în orice caz, concepte, probleme și date de observație care le sînt comune și care fac posibilă compararea lor (Shapeare, Scheffler).

(3) Lui Kuhn i se atribuie punctul de vedere că nu există criterii și standarde raționale acceptate în comun de adepții unor teorii rivale și, prin urmare, nu este posibilă comunicația și discuția cu argumente în disputele interparadigmatice. Criticii (Popper, Lakatos, Scheffler) subliniază că acest punct de vedere este în dezacord cu numeroase fapte din istoria științei. Kuhn este acuzat că explică dinamica științei prin factori și procese iraționale și că are tendința de a contesta dreptul la existență a metodologiei, care se ocupă de elaborarea unor criterii raționale de comparare a teoriilor științifice [1].

(4) Kuhn confundă punctul de vedere descriptiv cu cel normativ în analiza științei. Studiul psihologic, sociologic și istoric al comportării oamenilor de știință nu ne poate spune ce este știința ca activitate rațională. Dimpotrivă, numai un concept normativ asupra științei ne poate da criteriile necesare pentru a disocia ceea ce este rațional de ceea ce este irațional în comportarea oamenilor de știință și a comunităților științifice (Popper, Lakatos).

(5) Pretenția lui Kuhn că teoria sa asupra naturii și dinamicii științei se întemeiază pe datele istoriei științei poate fi greu armonizată cu critica pe care o face tezei des-

[1] Asemenea puncte de vedere exprimă și unii critici marxiști ai lui Kuhn. Vezi V. A. Lektorskii, *Filosofia, Nauka, „Filosofia Nauki"*, în „Voprosi filosofii", nr. 4/1973.

pre existența unui limbaj de observație neutru, a unor date empirice invariante, în raport cu trecerea de la o teorie la alta (Scheffler). Dacă în filozofia științei este posibilă alegerea între teorii rivale pe baza unor fapte empirice neutre față de aceste teorii, faptele istoriei științei, și tocmai acesta este cazul atunci cînd Kuhn încearcă să-și întemeieze propria sa teorie prin apel la argumente istorice, de ce nu ar fi oare acest lucru posibil în cazul celor mai mature discipline științifice?

Replica lui Kuhn la aceste critici și la altele venite din tabăra filozofilor științei este cuprinsă în 3 scrieri care se acoperă parțial și au fost redactate cam în aceeași perioadă, în anii 1969 — 70[1]. Kuhn observă, pe bună dreptate, că cele mai multe critici pornesc de la neînțelegerea unor aspecte centrale ale concepției sale și, în primul rînd, a conceptului de paradigmă. Într-adevăr, chiar din cele mai de sus rezultă clar că obiecțiile criticilor se întemeiază, în general, pe considerarea termenilor „paradigmă" și „teorie" ca sinonimi. Kuhn recunoaște partea de vină care îi revine în producerea acestei neînțelegeri. Într-adevăr, în cartea apărută în 1962 termenul „paradigmă" este folosit în multe sensuri, inclusiv ca sinonim cu înțelesul obișnuit atribuit cuvîntului „teorie" în lucrările de filozofia științei. Or, cum subliniază și Masterman, originalitatea lui Kuhn constă tocmai în faptul că atribuie rolul central în știință unor realizări exemplare și nu teoriilor abstracte, concepute ca sisteme de enunțuri. Iată de ce, în scrierile menționate, Kuhn își concentrează eforturile în primul rînd în direcția elaborării mai departe a conceptului de paradigmă și în acest fel în direcția dezvăluirii surselor profunde ale divergențelor sale cu reprezentanții orientărilor dominante din filozofia occidentală a științei.

În „Structura revoluțiilor științifice", precizează Kuhn, termenul de „paradigmă" a fost folosit în două sensuri diferite, care cer denumiri diferite: a) pentru ceea ce el numește acum *matrice disciplinară*, care desemnează constelația angajamentelor comune ce sudează un grup disciplinar: generalizări simbolice (îndeosebi legi canti-

---

[1] Este vorba de *Postscriptum*-ul pentru ediția a II-a din 1970, de *Reflections on my Critics*, cu care se încheie volumul *Criticism and the Growth of Knowledge* și de *Seconds Thoughts on paradigm*, ce apare în vol. *The Structure of Scientific Theories*, ed. Fr. Suppe, 1973.

tative), modele ontologice și euristice, valori și așa-numitele cazuri exemplare; b) pentru *cazurile exemplare*, exemplaritățile (exemplars), ca unul din elementele matricei disciplinare. Kuhn consideră că ar fi fost mai fericită folosirea termenului „paradigmă" numai pentru cazurile exemplare. Dintre elementele matricei disciplinare, filozofii științei nu au acordat atenție tocmai cazurilor exemplare, considerate de Kuhn ca elementul cel mai important pentru înțelegerea naturii activității științifice într-o disciplină matură și caracterizate în *Postscriptum* ca „aspectul cel mai nou și puțin înțeles al acestei cărți".

Cazurile exemplare sînt realizări științifice majore care oferă practicanților unei discipline modele de probleme și de rezolvări de probleme. Punînd la îndoială concepția curentă după care cunoașterea despre natură, cîștigată pînă la un moment dat într-o anumită disciplină, este cuprinsă pe de-a-ntregul în generalizările simbolice și regulile de aplicare ale acestora la cazuri particulare, Kuhn subliniază că în practica efectivă a științei, ca și în instrucția științifică, pe primul plan este ceea ce numește „cunoașterea tacită" cuprinsă în realizări științifice exemplare, în soluțiile concrete ale unor probleme majore ale disciplinei. Această cunoaștere se exprimă în capacitatea cercetătorilor de a rezolva noi probleme ale disciplinei pe baza descoperirii unor structuri de asemănare între aceste probleme și cele deja soluționate. O practică științifică încununată de succes este posibilă, subliniază Kuhn, în lipsa generalizărilor verbale și simbolice, adică în lipsa teoriei, în sensul obișnuit al termenului. Un fapt bine cunoscut, dar extrem de semnificativ din acest punct de vedere, este că studentul care încearcă să-și însușească pe baza manualelor fundamentele unei discipline poate înțelege textul, adică teoria, fără să fie în stare, în același timp, să soluționeze problemele de la sfîrșitul fiecărui capitol. El reușește abia atunci cînd vede asemănarea lor cu cazurile exemplare pe care le prezintă manualele. Aceeași observație poate fi făcută în istoria științei. Cercetătorul descoperă adesea soluția unei noi probleme, cînd învață să vadă ca asemănătoare două situații aparent disparate, fără legătură. (De exemplu, Galilei a făcut un mare pas înainte cînd a învățat să vadă căderea pe plan înclinat a unei bile și revenirea ei la aceeași înălțime ca asemănătoare mișcării pendulului.)

Modul cum studentul și omul de știință descoperă structuri de asemănare între diferite situații, pe baza cunoașterii tacite încorporată în cazurile exemplare, este comparat de Kuhn cu felul în care copilul își formează diferitele clase perceptive și determină apartenența sau neapartenența indivizilor la aceste clase, învățînd, de pildă, să vadă toate gîștele ca asemănătoare, fără a putea indica, în același timp, care sînt acele trăsături ce apropie gîștele între ele și le deosebesc de alte păsări, ca rațele și lebedele. Cunoașterea copilului despre asemănările dintre membrii unei familii și deosebirile dintre familiile naturale este tacită, fiindcă nu este cuprinsă în generalizări și reguli. Tot așa, caracterizînd cunoașterea încorporată în cazurile exemplare ca o cunoaștere tacită, Kuhn scrie în *Postscriptum* : „Nu avem nici un acces direct la ceea ce este ceea ce cunoaștem, nici o regulă sau generalizare cu care să exprimăm această cunoaștere". Întrebîndu-se care este substratul acestei capacități de a aplica cunoașterea tacită, cuprinsă în exemple concrete, la cazuri și situații noi, Kuhn formulează ipoteza că el constă într-o anumită programare neuronală care se interpune între stimuli și percepții. Un grup disciplinar care împărtășește aceeași paradigmă, adică aceleași cazuri exemplare, se va delimita net de cercetătorii care lucrează pe baza unei alte paradigme, tocmai printr-o asemenea programare nervoasă. Comunități științifice foarte restrînse, formate din 100 de membri sau mai puțini, despre care vorbește Kuhn, pot fi delimitate numai prin referire la cunoașterea tacită cuprinsă în cazurile exemplare și la o programare nervoasă corespunzătoare. Căci evident, celelalte elemente ale matricei disciplinare (generalizările simbolice, valorile sau modelele) vor fi întotdeauna comune unor comunități considerabil mai cuprinzătoare.

Kuhn consideră că practicianul științei dă un alt înțeles termenului „teorie" decît filozoful științei. Pentru primul, cunoașterea tacită cuprinsă în exemplele comune ale grupului disciplinar este un vehicul esențial al conținutului cognitiv al teoriei. Aceleași generalizări simbolice unite cu exemplarități diferite vor constitui paradigmele distincte ale diferitelor grupări disciplinare. Cazurile exemplare funcționează în rezolvarea de probleme în absența a ceea ce tradiția filozofică recunoaște ca fiind teoria. Concepția standard a filozofilor științei de orien-

tare analitică, după care rezolvarea diferitelor probleme particulare ale unei discipline constă în aplicarea generalizărilor simbolice, prin mijlocirea așa-numitelor reguli de corespondență, este calificată de Kuhn ca o reconstrucție infidelă a practicii științifice. Presupunerea că rezolvarea de probleme concrete în diferitele discipline științifice are loc pe baza unei cunoașteri care se exprimă pe de-a-ntregul în elemente verbale și simbolice este calificată de Kuhn, în *Postscriptum*, ca o „localizare greșită a conținutului cognitiv al științei". Kuhn nu neagă, desigur, că atît în cunoașterea comună a lumii înconjurătoare cît și în practica cercetării este folosită și calea aplicării unor generalizări și reguli, învățate în prealabil. Noutatea pe care o aduce constă însă în relevarea rolului pe care îl are, și într-un caz și în celălalt, ceea ce numește „o percepție a asemănărilor care se învață. Observarea învățării limbajului, a educației științifice sau a practicii științifice, sugerează că ea este, în fapt, larg folosită. A o ignora în discuția epistemologică înseamnă a dăuna mult înțelegerii noastre asupra naturii cunoașterii" [1].

Caracterizarea paradigmei ca fiind cunoașterea tacită încorporată în cazurile exemplare pune în adevărata lumină ideile lui Kuhn despre incomensurabilitate, discuții interparadigmatice, conversiune și revoluție științifică. Acuzațiile de iraționalism și relativism, cu care a fost întîmpinată cartea lui, pot fi greu susținute în lumina acestei caracterizări. Practicienii înzestrați cu o programare nervoasă diferită vor vedea, desigur, în mod diferit obiectele cercetării și problemele unei discipline. Dacă două grupuri de cercetători împărtășesc exemple comune diferite, este firesc ca ele să poată comunica numai parțial și ca argumentele logice și recursul la date de observație să nu constituie dovezi constrîngătoare pentru adoptarea unei paradigme. Cei care îl acuză pe Kuhn de iraționalism pornesc de la presupunerea că o alegere și o decizie de felul celei între două paradigme rivale este rațională numai dacă criteriile ei pot fi formulate în mod abstract. Or, tocmai așa ceva nu este posibil dacă cunoașterea cuprinsă în paradigme este în esență tacită. Ceea ce Kuhn pune în discuție nu este raționalitatea științei, ci modul cum a

[1] Th. S. Kuhn, *Second Thoughts on Paradigms*, în *The Structure of Scientific Theories*, pag. 482.

fost aceasta înțeleasă în filozofia științei. Chiar și convertirea, pe care Kuhn o pune în centrul procesului revoluționar, încetează de a sugera un proces irațional o dată ce este concepută ca o reprogramare neuronală și păstrează în comun cu o mutație în credințe doar caracterul brusc și sentimentul care o întovărășește că vechiul fel de a vedea lucrurile a fost greșit. În sfîrșit, dacă în istoria unei discipline paradigmele succesive se succed ca instrumente tot mai bune de rezolvare a problemelor, este evident că evoluția disciplinei este unidirecțională și ireversibilă. O asemenea viziune nu poate fi calificată ca relativistă în sensul negării faptului că această evoluție reprezintă un progres. Rămîn desigur în picioare însă observațiile făcute mai sus la adresa concepției lui Kuhn asupra progresului științific, îndeosebi cele privitoare la incompatibilitatea, susținută de el, dintre caracterizarea progresului științific ca progres în rezolvarea de probleme și caracterizarea filozofică generală a progresului științific ca apropiere de adevăr.

Kuhn dă în *Postscriptum* răspunsuri lămuritoare la acuzația că ar confunda descriptivul cu normativul și că s-ar contrazice pretinzînd că filozofia științei se poate întemeia pe date neutre ale istoriei științei așa cum nu se pot întemeia teoriile științifice pe date de observație neutre. Reținem din aceste răspunsuri că el nu contestă circularitatea raportului dintre istoria și filozofia științei. Dacă își sprijină generalizările filozofice pe faptele istoriei științei, autorul „Structurii revoluțiilor științifice" nu tăgăduiește că este vorba aici de fapte care au putut fi observate numai în lumina unui fel nou de a înțelege natura științei. Întreaga operă a lui Thomas Kuhn probează în ce măsură înnoirile în istoria și în filozofia științei sînt indisociabile.

MIRCEA FLONTA

# PREFAȚĂ

*Eseul de față este prima publicare integrală a unui proiect conceput inițial cu aproape cincisprezece ani în urmă. În acea perioadă eram student în fizică teoretică, aflat destul de aproape de încheierea disertației mele. O fericită participare la un curs experimental de fizică pentru nespecialiști, ținut la un colegiu, m-a pus pentru prima oară față în față cu istoria științei. Am fost cu totul surprins să constat că contactul cu teoriile și practicile științifice anterioare a subminat radical unele din concepțiile mele de bază despre natura științei și despre cauzele succesului ei deosebit.*

*Aceste concepții le derivasem, în parte, din însăși pregătirea mea științifică, ca și dintr-o veche pasiune pentru filozofia științei.*

*Într-un fel, oricare ar fi fost utilitatea lor pedagogică și plauzibilitatea lor abstractă, aceste concepții nu se potriveau de loc cu ceea ce a dezvăluit studiul istoric. Totuși, ele au fost și sînt fundamentale în multe discuții despre știință astfel încît neverosimilitatea lor părea că merită să fie examinată mai îndeaproape. Rezultatul a fost o schimbare drastică în proiectele mele profesionale, o trecere de la fizică la istoria științei și apoi, treptat, de la probleme istorice relativ simple înapoi la preocupările mai filozofice care mă împinseseră inițial spre istorie. Cu excepția cîtorva articole, acest eseu este prima din lucrările mele publicate în care aceste preocupări de mai înainte*

*sînt dominante. Într-o oarecare măsură, este o încercare de a-mi explica mie însumi și de a explica prietenilor cum s-a întîmplat că am părăsit știința în favoarea istoriei ei.*

*Prima ocazie de a adînci ideile ce vor fi expuse în continuare mi-au oferit-o cei trei ani în care am fost cercetător asociat pe lîngă* Society of Fellows *de la Harvard University. Fără această perioadă de libertate, tranziția spre un nou domeniu de studiu ar fi fost mult mai dificilă și ar fi putut chiar să eșueze. O parte din acei ani am dedicat-o istoriei propriu-zise a științei. În particular, am continuat să studiez lucrările lui Alexandre Koyré și am luat contact pentru prima oară cu cele ale lui Emile Meyerson, Hélène Metzger și Anneliese Maier*[1]. *Mai clar decît majoritatea celorlalți cercetători din ultima vreme, acest grup a dovedit ce înseamnă a gîndi științific într-o perioadă în care canoanele gîndirii științifice erau foarte diferite de cele acceptate astăzi. Deși contest tot mai mult cîteva din interpretările lor istorice particulare, lucrările lor, împreună cu cea a lui A. O. Lovejoy,* Great Chain of Being, *vin imediat după sursele istorice primare în ce privește formarea concepției mele despre ceea ce poate fi istoria ideilor științifice.*

*O mare parte din acei ani am închinat-o și explorării unor domenii fără o legătură aparentă cu istoria științei, dar în care cercetările dezvăluie astăzi probleme asemănătoare celor asupra cărora mi-a atras atenția istoria științei. O notă de subsol, întîlnită întîmplător, m-a condus la experimentele prin care Jean Piaget a pus în lumină atît diferitele lumi ale copilului în creștere cît și procesul de tranziție de la o lume la alta*[2]. *Unul din colegii mei m-a îndemnat să citesc articole de psihologie a percepției, îndeosebi cele ale psihologilor gestaltiști; un altul m-a introdus în spe-*

---

[1] M-au influențat în mod deosebit lucrarea lui **A. Koyré**, *Études Galiléennes* (3 vol., Paris, 1939), a lui **E. Meyerson**, *Identity and Reality*, trad. Kate Loewenberg (New York, 1930), ale lui **H. Metzger**, *Les doctrines chimiques en France du debut du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle* (Paris, 1923) și *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930) și a lui **A. Maier**, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* („Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik", Roma, 1949).

[2] Două din cercetările lui Piaget s-au dovedit deosebit de importante, întrucît expun concepte și procese care derivă direct din istoria științei. Este vorba despre *The Child's Conception of Causality*, trad. Marjorie Gabain (London, 1930) și *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (Paris, 1946).

*culaţiile lui B. L. Whorf despre influenţa limbii asupra concepţiei despre lume; iar W. V. O. Quine mi-a dezvăluit enigmele filozofice ale distincţiei dintre analitic şi sintetic* [3]. *Acesta este genul de explorare întîmplătoare pe care îl permite o astfel de* Society of Fellows *şi numai datorită lui am putut da peste monografia aproape necunoscută a lui Ludwig Fleck,* Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache (*Basel, 1934*), *un eseu care anticipează multe din ideile mele. Asociată unei observaţii a unui coleg, Francis X. Sutton, lucrarea lui Fleck m-a făcut să înţeleg că acele idei ar putea fi formulate în termenii sociologiei comunităţilor ştiinţifice. Deşi cititorii vor întîlni în continuare puţine referinţe la unele sau altele din aceste lucrări sau discuţii, le sînt îndatorat în mai multe privinţe decît cele pe care le-aş putea reconstitui sau aprecia acum.*

*În timpul ultimului meu an de* junior Fellow *(cercetător asociat) la Harvard, o invitaţie de a conferenţia la Institutul Lowell din Boston mi-a dat prima posibilitate de a-mi testa concepţiile despre ştiinţă, aflate încă în curs de închegare. Rezultatul a fost un ciclu de opt expuneri publice ţinute în martie 1951, avînd ca temă „Cercetarea teoriei fizice". În anul următor, am început să predau istoria ştiinţei şi, vreme de aproape un deceniu, problemele predării într-un domeniu pe care nu-l studiasem niciodată sistematic mi-au lăsat foarte puţin timp pentru articularea explicită a ideilor care mă atraseseră la început în această direcţie. Din fericire însă, aceste idei constituiau o sursă de orientare implicită şi de structuri problematice pentru multe din cursurile mele mai avansate. Trebuie să le mulţumesc deci studenţilor mei pentru inestimabilele lecţii ce mi le-au dat despre viabilitatea concepţiilor mele şi metodele adecvate comunicării lor efective. Aceleaşi probleme şi orientări au dat unitate majorităţii studiilor, predominant istorice şi aparent diverse, publicate după ce am plecat de la Harvard. Cîteva din aceste studii se ocupă de rolul hotărîtor jucat de o metafizică sau alta în cercetarea ştiinţifică creatoare. Altele examinează modul în care bazele experi-*

---

[3] Articolele lui Whorf au fost între timp editate de John B. Carrol, *Language, Thought, and Reality — Selected Writings of Benjamin Lee Whorf* (New York, 1956). Quine şi-a prezentat concepţiile în *Two Dogmas of Empiricism*, retipărit în cartea sa *From a Logical Point of View* (Cambridge, Mass., 1953), pp. 20—46.

*mentale ale unei noi teorii sînt acumulate și asimilate de către adepții unei teorii mai vechi incompatibile. Ele descriu tipul de dezvoltare pe care îl numesc mai jos „emergența" unei noi teorii sau descoperiri. Mai există și alte asemenea legături.*

*Stadiul final al dezvoltării eseului de față a început cu o invitație de a petrece anul 1958—1959 la Centrul pentru Studii Avansate în Științe Comportamentale. Din nou, am avut posibilitatea să acord toată atenția problemelor discutate în cele ce urmează. Mai important încă, petrecînd acel an într-o comunitate formată mai ales din specialiști în științe sociale, am fost confruntat cu probleme noi privind diferențele dintre astfel de comunități și cele ale specialiștilor în științele naturii în cadrul cărora am fost pregătit. Am fost izbit în mod deosebit de numărul și măsura dezacordurilor deschise dintre oamenii de științe sociale privind natura problemelor și metodelor științifice legitime. Atît istoria științei cît și cunoștințele mele personale m-au făcut să mă îndoiesc că practicienii științelor naturii au soluții mai ferme sau mai constante la asemenea probleme decît colegii lor din științele sociale. Totuși, într-un fel, practica astronomiei, fizicii, chimiei sau biologiei nu produce în mod normal controverse asupra chestiunilor fundamentale, care astăzi par adesea endemice printre psihologi sau sociologi, de pildă. Încercarea de a descoperi sursa acestei diferențe m-a condus la recunoașterea rolului pe care îl joacă în cercetarea științifică „paradigmele", cum le-am numit de atunci. Paradigmele sînt acele realizări științifice universal recunoscute care, pentru o perioadă, oferă probleme și soluții model unei comunități de practicieni. De îndată ce mi-am clarificat această problemă, schița acestui eseu a prins repede contur.*

*Nu este cazul să relatez aici istoria ulterioară a acestei schițe; voi spune totuși cîteva cuvinte despre forma pe care a păstrat-o în ciuda revizuirilor. Pînă la completarea și revederea primei versiuni, anticipasem publicarea manuscrisului exclusiv ca un volum în* Enciclopedia *științei* unificate. *Editorii acestei lucrări de pionierat au solicitat-o mai întîi, apoi au ținut să mă angajez ferm în acest sens și, pînă la sfîrșit, au așteptat rezultatul cu un extraordinar tact și răbdare. Le sînt foarte mult îndatorat, mai ales lui Charles Morris, pentru felul în care au știut să mă stimuleze și să mă sfătuiască în legătură cu manuscrisul.*

*Limitele de spațiu ale* Enciclopediei *m-au obligat însă să-mi prezint ideile într-o formă extrem de condensată și schematică. Deși evenimentele ulterioare au atenuat restricțiile, făcînd posibilă o publicare simultană independentă, această lucrare rămîne un eseu mai degrabă decît o lucrare completă așa cum o va cere pînă la urmă tema mea.*

*Deoarece obiectivul meu cel mai important este stimularea unei schimbări în perceperea și evaluarea datelor familiare, caracterul schematic al acestei prime prezentări nu este neapărat un defect. Dimpotrivă, cititorii pe care propriile cercetări i-au pregătit pentru genul de reorientare susținut aici pot considera forma eseului mai sugestivă și mai lesne de asimilat. Dar ea are și dezavantaje și acestea pot justifica ilustrarea de la bun început a aspectelor pe care sper să le extind și să le adîncesc pînă la urmă într-o versiune lărgită. Există o informație istorică mult mai amplă decît cea pe care spațiul acestui volum îmi permite să o prelucrez în paginile ce urmează. Informația provine atît din istoria științelor biologice cît și din cea a științelor fizice. Decizia mea de a opera aici exclusiv cu cea din urmă a fost luată, pe de o parte, pentru a spori coerența acestui eseu și, pe de altă parte, datorită unor motive de competență. În plus, concepția despre știință care va fi dezvoltată aici sugerează rodnicia potențială a unor noi tipuri de cercetări, atît istorice cît și sociologice. De pildă, felul în care anomaliile sau înșelarea așteptărilor atrag tot mai mult atenția unei comunități științifice necesită un studiu detaliat; aceeași observație este valabilă și pentru apariția crizelor care pot fi generate de eșecul repetat îm corectarea unei anomalii. De asemenea, dacă nu greșesc afirmînd că fiecare revoluție științifică modifică perspectiva istorică a comunității care o trăiește, atunci această schimbare de perspectivă trebuie să afecteze structura manualelor și publicațiilor științifice post-revoluționare. Un asemenea efect — o modificare a literaturii tehnice citate la subsolul rapoartelor de cercetare — ar trebui studiat ca un indicator posibil al apariției revoluțiilor.*

*Necesitatea unei condensări drastice m-a obligat de asemenea să omit discutarea unui număr de probleme majore. Distincția pe care am făcut-o între perioadele pre- și post-paradigmatice în dezvoltarea științei este, de pildă, mult prea schematică. Fiecare din școlile a căror competiție caracterizează perioada anterioară este ghidată de ceva foarte*

*asemănător unei paradigme; există cazuri, deşi cred că sînt rare, cînd două paradigme pot coexista paşnic într-o perioadă ulterioară. Simpla existenţă a unei paradigme nu este un criteriu suficient pentru tranziţia evolutivă discutată în secţiunea a II-a. Mai important este faptul că, cu excepţia unor scurte remarci secundare, nu am spus nimic despre rolul progresului tehnologic sau al condiţiilor de natură socială, economică şi intelectuală în dezvoltarea ştiinţelor. E suficient însă să ne gîndim la Copernic şi la calendar pentru a vedea că împrejurările pot contribui la transfomarea unei simple anomalii într-o sursă de criză acută. Acelaşi exemplu ar putea ilustra modul în care condiţiile din afara ştiinţei pot influenţa aria alternativelor de care dispune cel ce caută să pună capăt unei crize, propunînd o reformă revoluţionară sau alta*[4]*. Cred că luarea în consideraţie în mod explicit a unor asemenea efecte nu ar modifica principalele teze dezvoltate în acest eseu, dar ar adăuga cu siguranţă o dimensiune analitică de primă importanţă pentru înţelegerea progresului ştiinţific.*

*În sfîrşit, şi poate cel mai important, limitele de spaţiu au afectat drastic tratarea implicaţiilor filozofice ale concepţiei istorice despre ştiinţă a acestui eseu. Evident, există astfel de implicaţii, şi am încercat să le evidenţiez şi să le ilustrez pe cele mai importante. Dar procedînd astfel, m-am abţinut de regulă să intru într-o discuţie detaliată a variatelor poziţii luate de filozofii contemporani în problemele respective. Scepticismul pe care l-am manifestat în unele cazuri viza mai degrabă o atitudine filozofică decît vreuna din expresiile ei pe deplin articulate. S-ar putea deci ca unii dintre filozofii la care mă refer să aibă impresia că nu i-am înţeles. Cred că nu au dreptate, dar acest eseu nu are menirea să-i convingă. Pentru a-i convinge ar fi*

---

[4] Aceşti factori sînt discutaţi în T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 122—132, 270—271. Alte efecte ale condiţiilor externe intelectuale şi economice asupra dezvoltării ştiinţifice efective sînt ilustrate în articolele mele: „Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery", *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 321—356; „Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot", *Archives internationales d'histoires des sciences*, XIII, (1960), 247—251; şi „Sadi Carnot and Cagnard Engine", *Isis*, LII (1961), 567—574. Aşadar, numai în raport cu problemele discutate în acest eseu consider rolul factorilor externi ca fiind minor.

*fost nevoie de o carte mult mai dezvoltată și foarte diferită de cea de față.*

*Fragmentele autobiografice cu care începe această prefață au menirea să facă cunoscut ce datorez esențialmente atît lucrărilor de erudiție cît și instituțiilor care au contribuit la conturarea concepției mele. Restul acestei datorii intelectuale voi încerca să-l achit în citatele din paginile ce urmează. Dar cele spuse mai sus sau în continuare nu pot decît să sugereze numărul și natura obligațiilor mele personale față de oamenii ale căror sugestii și critici au susținut și orientat, în diferite etape, dezvoltarea mea intelectuală. S-a scurs mult prea mult timp de cînd ideile acestui eseu au început să se închege; o listă a tuturor celor care pot într-adevăr găsi în aceste pagini semne ale influenței lor ar fi aproape identică cu o listă a prietenilor și cunoscuților mei. De aceea, mă voi limita la cîteva influențe foarte semnificative pe care nici măcar o memorie deficitară nu le poate uita vreodată.*

*James B. Conant, pe atunci președinte al universității Harvard, a fost primul care m-a introdus în istoria științei și care a inițiat astfel transformarea concepției mele despre natura progresului științific. De la bun început, el a fost generos cu ideile și criticile sale, cu timpul său — inclusiv timpul necesar pentru a citi și sugera schimbări importante în ciorna manuscrisului meu. Leonard K. Nash, cu care am predat vreme de cinci ani cursul orientat istoric inițiat de dr. Conant, a fost un colaborator și mai activ de-a lungul anilor în care mi-am format ideile; i-am resimțit mult lipsa în stadiile ulterioare de dezvoltare a acestor idei. Din fericire însă, după plecarea mea de la Cambridge, rolul său de „cutie de rezonanță creatoare" a fost preluat de colegul meu de la Berkeley, Stanley Cavell. Faptul că Cavell, un filozof preocupat mai ales de etică și estetică, a ajuns la concluzii atît de apropiate de ale mele m-a stimulat și încurajat permanent. Mai mult, el este singurul cu care am fost în stare să-mi explorez ideile în faze neterminate. Acest mod de comunicare atestă o înțelegere care i-a permis să-mi arate calea de a trece de și de a ocoli cîteva obstacole majore întîlnite în cursul pregătirii primei versiuni a manuscrisului.*

*De la schițarea acestei versiuni, mulți alți prieteni m-au ajutat să o reformulez. Cred că mă vor scuza dacă voi numi doar patru dintre ei, ale căror contribuții au fost*

*foarte ample și decisive: Paul K. Feyerabend de la Berkeley, Ernest Nagel de la Columbia, H. Pierre Noyes de la laboratorul de radiații Lawrence, și studentul meu, John L. Heilbron, care a colaborat adesea strîns cu mine în pregătirea versiunii finale pentru publicat. Rezervele și sugestiile lor m-au ajutat foarte mult. Dar n-am mici un motiv să cred (și am unele pentru care mă îndoiesc) că ei sau ceilalți, menționați anterior sînt integral de acord cu manuscrisul care a rezultat.*

*Ceea ce datorez, în fine, părinților mei, soției și copiilor este de o altă natură. În diferite feluri (pe care le voi recunoaște probabil ultimul), fiecare din ei și-a adus contribuția sa intelectuală la lucrarea mea. Dar, în măsură diferită, ei au făcut ceva mult mai important. Și anume: m-au lăsat și chiar m-au încurajat să mă dedic acestei lucrări. Oricine s-a înhămat la un proiect ca al meu va recunoaște sacrificiile pe care ei au fost nevoiți să le facă uneori. Nu știu cum să le mulțumesc.*

T.S.K.

*Berkeley, California*
Februarie, 1962

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITARĂ

# I. INTRODUCERE : UN ROL PENTRU ISTORIE

Dacă este considerată a fi mai mult decît un inventar de anecdotică sau cronologie, istoria poate produce o transformare decisivă în imaginea despre ştiinţă dominantă astăzi. Această imagine a fost pînă acum dedusă, chiar de oamenii de ştiinţă, mai ales din studiul realizărilor ştiinţifice încheiate, aşa cum apar ele consemnate în opere clasice şi, mai recent, în manualele din care fiecare nouă generaţie ştiinţifică îşi învaţă meseria. În mod inevitabil, însă, scopul unor asemenea cărţi este persuasiv şi pedagogic ; conceptul de ştiinţă dedus din ele nu are mai multe şanse să corespundă realităţii care l-a produs decît o imagine a unei culturi naţionale dedusă dintr-o broşură turistică sau dintr-un manual pentru învăţat limba ţării respective. Acest eseu încearcă să dovedească că am fost în mod fundamental induşi în eroare de ele. Scopul lui este de a schiţa un concept cu totul diferit despre ştiinţă, aşa cum rezultă din datele istorice ale însăşi activităţii de cercetare.

Dar noul concept nu rezultă nici măcar din istorie, dacă datele istorice continuă să fie căutate şi examinate îndeosebi pentru a răspunde la întrebări puse potrivit unui stereotip anistoric, caracteristic manualelor ştiinţifice. Aceste manuale par adesea să implice, de pildă, că conţinutul ştiinţei este exemplificat exclusiv de observaţii, legi şi teorii descrise în paginile lor. Aproape la fel de des, aceleaşi cărţi par să afirme că metodele ştiinţifice

sînt numai cele ilustrate de tehnicile manipulative folosite în culegerea datelor din manuale, împreună cu operaţiile logice aplicate la corelarea acestor date cu generalizările teoretice ale manualului. Ceea ce a rezultat de aici a fost un concept al ştiinţei cu profunde implicaţii pentru natura şi dezvoltarea ei.

Dacă ştiinţa este constelaţia faptelor, teoriilor şi metodelor adunate în manualele curente, atunci practicienii ştiinţei sînt oameni care s-au străduit, cu sau fără succes, să contribuie cu un element sau altul la această constelaţie particulară. Dezvoltarea ştiinţei devine atunci procesul fragmentar prin care aceste elemente au fost adăugate, singure, sau în combinaţii, stocului mereu în creştere care constituie metoda şi cunoaşterea ştiinţifică. Iar istoria ştiinţei devine disciplina care consemnează aceste creşteri succesive şi obstacolele care au stat în calea acumulării lor. Preocupat de dezvoltarea ştiinţei, istoricul pare deci să aibă două sarcini principale. Pe de o parte, el trebuie să determine de către cine şi în ce moment au fost descoperite sau inventate fiecare fapt, teorie sau lege a ştiinţei. Iar pe de altă parte, el trebuie să descrie şi să explice nenumăratele erori, mituri şi superstiţii care au împiedicat acumularea mai rapidă a elementelor care alcătuiesc manualele moderne de ştiinţă. O mare parte a cercetării a fost şi mai este încă orientată în acest scop.

În anii din urmă, cîţiva istorici ai ştiinţei s-au lovit de tot mai multe dificultăţi în îndeplinirea funcţiilor la care îi obligă conceptul de dezvoltare-prin-acumulare. Ca cronicari ai unui proces cumulativ, ei constată că noile cercetări, departe de a înlesni, fac tot mai dificile răspunsurile la întrebări ca: Cînd a fost descoperit oxigenul? Cine a conceput primul conservarea energiei? Într-o măsură tot mai mare, unii dintre ei bănuiesc că acestea sînt pur şi simplu întrebări greşite. Poate ştiinţa nu se dezvoltă prin acumularea unor descoperiri şi invenţii individuale. Simultan, aceşti istorici întîmpină dificultăţi sporite în a distinge componenta „ştiinţifică" a observaţiei şi convingerii unui om de ştiinţă din trecut de ceea ce predecesorii lor s-au grăbit să eticheteze drept „eroare" şi „superstiţie". Cu cît studiază mai atent (să zicem) dinamica aristotelică, chimia flogisticului sau termodinamica calorică, cu atît devin mai convinşi că

aceste concepţii despre natură, odinioară dominante, nu erau în ansamblu mai puţin ştiinţifice şi nici nu reprezentau, mai mult decît cele curente în zilele noastre, produsul idiosincrasiei umane. Dacă aceste convingeri depăşite sînt etichetate mituri, atunci miturile pot fi produse de aceleaşi tipuri de metode şi justificate de aceleaşi tipuri de argumente care astăzi duc la cunoaştere ştiinţifică. Dacă, pe de altă parte, ele sînt considerate ştiinţă, atunci ştiinţa a încorporat convingeri cu totul incompatibile cu cele acceptate astăzi. În faţa acestor alternative, istoricul trebuie să o aleagă pe ultima. Teoriile depăşite nu sînt în principiu neştiinţifice pentru că s-a renunţat la ele. Această alegere face însă mai dificilă conceperea dezvoltării ştiinţifice ca un proces de acumulare. Aceeaşi cercetare istorică, care dezvăluie dificultăţile de identificare a invenţiilor şi descoperirilor individuale, ne face să ne îndoim serios de procesul cumulativ prin care se credea că au loc aceste contribuţii individuale la ansamblul ştiinţei.

Urmarea tuturor acestor îndoieli şi dificultăţi este o revoluţie istoriografică în studiul ştiinţei, aflată încă în stadiile ei timpurii. Treptat, şi adesea fără să îşi dea seama în întregime de acest lucru, istorici ai ştiinţei au început să pună noi tipuri de întrebări şi să urmărească linii diferite şi adesea necumulative de dezvoltare a ştiinţelor. În loc să caute contribuţiile permanente ale unei ştiinţe mai vechi la imaginea noastră de astăzi, ei încearcă mai degrabă să dezvăluie integritatea istorică a acelei ştiinţe în vremea sa. Ei cercetează, de pildă, nu relaţia dintre concepţiile lui Galilei şi cele ale ştiinţei moderne, ci mai degrabă relaţia dintre concepţiile acestuia şi cele ale grupului său, adică, profesorii, contemporanii şi urmaşii săi imediaţi. Apoi, ei insistă asupra studierii opiniilor acelui grup şi ale altora similare din punctul de vedere (de obicei atît de diferit de cel al ştiinţei moderne) care asigură acestor opinii o coerenţă internă maximă şi o adecvare cît mai riguroasă la natură. Văzută prin prisma unor astfel de cercetări, poate cel mai bine ilustrate de lucrările lui Alexandre Koyré, ştiinţa nu mai pare de loc să fie ceea ce aveau în vedere adepţii tradiţiei istoriografice anterioare. Cel puţin prin implicaţie, asemenea studii istorice sugerează posibilitatea unei noi imagini a ştiin-

ței. Eseul de față încearcă să contureze această imagine făcînd explicite unele din implicațiile noii istoriografii.

Ce aspecte ale științei se vor impune cu precădere în cursul acestei încercări? Primul, cel puțin în ordinea prezentării, este insuficiența normelor metodologice de a dicta, prin ele însele, un unic răspuns real la numeroasele tipuri de întrebări științifice. Îndemnat să examineze fenomene electrice sau chimice, un om care nu cunoaște aceste domenii dar care știe ce înseamnă a fi științific poate să ajungă, în mod legitim, la oricare dintr-un număr de concluzii incompatibile. Între aceste posibilități legitime, concluziile particulare la care el ajunge sînt probabil determinate de experiența sa anterioară în alte domenii, de accidentele investigației sale și de propria sa constituție intelectuală. Ce idei despre stele, de pildă, introduce el în studiul chimiei sau electricității? Care din numeroasele experimente, conceptibile și relevante pentru noul domeniu, preferă el să îl realizeze în primul rînd? Și ce aspecte ale fenomenului complex ce va rezulta astfel îl vor izbi ca deosebit de relevante elucidării naturii transformării chimice sau atracției electrice? Pentru individ, cel puțin, și uneori chiar și pentru comunitatea științifică, răspunsurile la asemenea întrebări sînt adesea determinanți esențiali ai dezvoltării științifice. Vom consemna, de exemplu, în secțiunea a II-a, că stadiile timpurii de dezvoltare ale majorității științelor au fost caracterizate de o competiție continuă între cîteva concepții distincte despre natură, fiecare fiind parțial derivată din — și toate fiind aproximativ compatibile cu — normele observației și metodei științifice. Ceea ce deosebea aceste școli diferite nu era un eșec sau altul de metodă — toate erau „științifice" — ci ceea ce vom numi mai tîrziu modurile lor incomensurabile de a concepe lumea și de a face știință în cadrul ei. Observația și experiența pot și trebuie să restrîngă drastic sfera ideilor științifice admisibile, căci altfel nu ar mai fi știință. Dar, singure, ele nu pot determina un sistem particular de asemenea idei. Un element aparent arbitrar, ținînd de întîmplări personale și istorice, este întotdeauna un ingredient constitutiv al ideilor îmbrățișate de o anumită comunitate științifică la un moment dat.

Un asemenea element arbitrar nu indică însă că un grup ştiinţific, oricare ar fi el, ar putea să-şi facă meseria fără o mulţime de idei acceptate ; după cum el nu diminuează importanţa constelaţiei particulare faţă de care, la un moment dat, acel grup este realmente angajat. Cercetarea efectivă începe rareori înainte ca o comunitate ştiinţifică să fie convinsă că deţine răspunsuri ferme la asemenea întrebări : Care sînt entităţile fundamentale care alcătuiesc universul? Cum interacţionează ele cu fiecare în parte şi cu simţurile? Ce întrebări pot fi legitim puse relativ la asemenea entităţi şi ce tehnici pot fi folosite în căutarea răspunsurilor? Cel puţin în ştiinţele mature, răspunsurile (sau înlocuitori deplini ai răspunsurilor) la întrebări ca acestea sînt adînc înrădăcinate în iniţierea care îl pregăteşte şi îl autorizează pe student să-şi practice profesiunea. Întrucît această educaţie este atît riguroasă cît şi rigidă, asemenea răspunsuri ajung să exercite o influenţă adîncă asupra gîndirii ştiinţifice. Acest fapt explică în mare măsură eficienţa deosebită a activităţii normale de cercetare, ca şi direcţia în care ea este orientată într-un moment dat. Examinînd ştiinţa normală în secţiunile III, IV şi V, vom sfîrşi prin a o caracteriza ca o încercare perseverentă şi pasionată de a „potrivi" natura în tiparele conceptuale oferite de educaţia profesională. În acelaşi timp, ne vom întreba dacă cercetarea se poate realiza fără asemenea tipare, oricare ar fi partea de arbitrar din originile lor istorice, şi uneori, din dezvoltarea lor ulterioară.

Totuşi, această parte de arbitrar este prezentă şi are o înrîurire importantă asupra dezvoltării ştiinţei, o înrîurire ce va fi examinată detaliat în secţiunile VI, VII şi VIII. Ştiinţa normală, activitatea în care cei mai mulţi oameni de ştiinţă îşi petrec inevitabil aproape tot timpul lor, este întemeiată pe presupunerea că comunitatea ştiinţifică ştie cum arată universul. O mare parte din succesul întreprinderii derivă din dorinţa comunităţii ştiinţifice de a apăra această presupunere, dacă e nevoie chiar cu un preţ considerabil. Ştiinţa normală, de exemplu, suprimă adesea noutăţi fundamentale, întrucît acestea subminează necesarmente opţiunile ei de bază. Cu toate acestea, atîta vreme cît aceste opţiuni conţin un element de arbitrar, însăşi natura cercetării normale garantează că noutatea nu va fi suprimată multă vreme. Uneori, o

problemă normală care ar trebui să fie rezolvată prin reguli şi proceduri cunoscute rezistă asaltului repetat al celor mai capabili membri ai grupului ştiinţific în a căror competenţă cade. În alte ocazii, un aparat proiectat şi construit pentru scopurile cercetării normale nu funcţionează potrivit anticipărilor, dezvăluind o anomalie care, în ciuda eforturilor repetate, nu se conformează aşteptărilor profesionale. În aceste şi alte privinţe, ştiinţa normală apucă frecvent pe căi greşite. Iar cînd o face — aşadar, cînd comunitatea nu mai poate evita anomaliile care subminează tradiţiile existente ale practicii ştiinţifice —, atunci încep investigaţii extraordinare care orientează pînă la urmă comunitatea spre o nouă mulţime de opţiuni, o nouă bază pentru practica ştiinţei. Episoadele extraordinare în cursul cărora se produc aceste modificări ale opţiunilor profesionale sînt caracterizate în acest sens ca revoluţii ştiinţifice. Ele sînt adaosurile-distrugătoare-de-tradiţii la activitatea-constrînsă-de-tradiţii a ştiinţei normale.

Cele mai evidente exemple de revoluţii ştiinţifice sînt acele faimoase episoade în dezvoltarea ştiinţei care au fost adesea numite revoluţii şi mai înainte. De aceea, în secţiunile IX şi X, în care este examinată direct natura revoluţiilor ştiinţifice, ne vom ocupa de momente de cotitură majore în dezvoltarea ştiinţei, legate de numele lui Copernic, Newton, Lavoisier şi Einstein. Mai limpede decît majoritatea celorlalte episoade din istoria ştiinţei (cel puţin a ştiinţelor fizice), acestea dezvăluie substanţa tuturor revoluţiilor ştiinţifice. Fiecare dintre ele a necesitat respingerea de către comunitate a unei teorii ştiinţifice, odinioară respectate, în favoarea alteia, incompatibilă cu ea. Fiecare a produs o transformare ulterioară în problemele supuse examenului ştiinţific şi în standardele după care comunitatea stabilea ceea ce poate fi socotit drept o problemă admisibilă sau o soluţie legitimă a unei probleme. Şi fiecare transforma reprezentarea ştiinţifică în moduri pe care vom fi nevoiţi pînă la urmă să le caracterizăm ca o transformare a lumii în care era efectuată munca ştiinţifică. Asemenea schimbări, împreună cu controversele care le însoţesc aproape întotdeauna, sînt trăsăturile definitorii ale revoluţiilor ştiinţifice.

Aceste trăsături reies cu deosebită claritate, de pildă, dintr-un studiu al revoluţiei newtoniene sau al celei chimice. Există însă o teză fundamentală a acestui eseu,

potrivit căreia ele pot fi de asemenea deduse din studierea multor altor episoade care nu erau într-atît de vizibil revoluţionare. Pentru grupul profesional mult mai restrîns afectat de ele, ecuaţiile lui Maxwell erau la fel de revoluţionare ca şi cele ale lui Einstein, fiindu-le opusă aceeaşi rezistenţă. Inventarea altor noi teorii stîrneşte regulat aceleaşi reacţii din partea unora dintre specialiştii a căror sferă de competenţă exclusivă este astfel încălcată. Pentru aceşti oameni, noua teorie implică o schimbare a regulilor ce guvernau practica anterioară a ştiinţei normale. De aceea, inevitabil, ea se răsfrînge asupra unei bune părţi din munca ştiinţifică pe care ei au încheiat-o deja cu succes. Iată de ce o nouă teorie, oricît de special ar fi domeniul ei de aplicaţie, nu este decît ararcori sau niciodată doar un adaos la ceea ce este deja cunoscut. Asimilarea ei impune reconstrucţia teoriei anterioare şi reevaluarea faptelor anterioare — un proces intrinsec revoluţionar care nu este decît rareori dus la bun sfîrşit de către un singur om şi niciodată peste noapte. Nu e de mirare că istoricii au avut dificultăţi în datarea precisă a acestui proces îndelungat pe care vocabularul lor îi îndeamnă să-l conceapă ca un eveniment izolat.

Invenţiile noilor teorii nu sînt însă singurele evenimente ştiinţifice care au o influenţă revoluţionară asupra specialiştilor în al căror domeniu survin. Opţiunile care guvernează ştiinţa normală specifică nu numai tipurile de entităţi pe care le conţine universul, ci, prin implicaţie, şi pe cele pe care nu le conţine. Deşi acest aspect va cere o discuţie mai amplă, rezultă că o descoperire ca aceea a oxigenului sau a razelor X nu adaugă pur şi simplu un nou element mulţimii obiectelor care alcătuiesc universul omului de ştiinţă. Pînă la urmă ea are acest efect, dar nu înainte ca comunitatea profesională să-şi fi reevaluat procedurile experimentale tradiţionale, să-şi fi modificat concepţia asupra entităţilor cu care se obişnuise de multă vreme şi, în cursul acestui proces, să-şi fi transformat reţeaua teoretică pe care o aplică lumii. Faptul şi teoria ştiinţifică nu sînt categoric separabile, exceptînd poate înăuntrul unei singure tradiţii de practică ştiinţifică normală. Iată de ce descoperirea neaşteptată nu are numai o semnificaţie factuală şi de ce universul omului de ştiinţă este calitativ transformat şi cantitativ îmbogăţit de noutăţi fundamentale factuale sau teoretice.

Această concepție cuprinzătoare despre natura revoluțiilor științifice este cea conturată în paginile ce urmează. Indiscutabil, această cuprindere forțează accepția obișnuită. Totuși, voi continua să vorbesc chiar despre descoperiri ca fiind revoluționare, deoarece tocmai posibilitatea de a corela structura lor cu cea a revoluției copernicane, să zicem, face ca această concepție cuprinzătoare să mi se pară atît de importantă. Discuția precedentă arată modul în care noțiunile complementare de știință normală și de revoluții științifice vor fi dezvoltate în următoarele nouă secțiuni. Restul eseului încearcă să lămurească alte trei probleme centrale. Secțiunea XI, discutînd tradiția manualelor, explică de ce pînă acum a fost atît de greu să discernem revoluțiile științifice. Secțiunea XII descrie competiția revoluționară dintre partizanii vechii tradiții de știință normală și adepții celei noi. Ea examinează așadar procesul care, într-o teorie a investigației științifice, ar trebui într-un fel să înlocuiască procedurile de confirmare sau infirmare cu care ne-a familiarizat imaginea noastră curentă despre știință. Competiția între segmente ale comunității științifice este singurul proces istoric care rezultă realmente din respingerea unei teorii anterior acceptate sau din adoptarea alteia. În sfîrșit, secțiunea XIII se va întreba cum poate fi compatibilă dezvoltarea prin revoluții cu caracterul aparent unic al progresului științific. La această întrebare, însă, eseul de față nu va oferi decît liniile generale ale unui răspuns, deoarece caracteristicile comunității științifice necesită o examinare mult mai detaliată.

Fără îndoială, unii cititori se vor fi întrebat deja dacă studiul istoric poate într-adevăr produce transformarea conceptuală vizată aici. Există un întreg arsenal de dihotomii care sugerează că nu poate fi vorba de așa ceva. Istoria, ni se spune foarte adesea, este o disciplină pur descriptivă. Tezele avansate mai sus sînt însă de multe ori interpretative iar uneori normative. La fel, multe din generalizările mele privesc sociologia sau psihologia socială a oamenilor de știință; totuși, cel puțin cîteva din concluziile mele aparțin, prin tradiție, logicii sau epistemologiei. În paragraful precedent se pare că am nesocotit chiar influenta distincție contemporană între „contextul descoperirii" și „contextul justificării". Poate oare acest

amestec de diverse domenii şi preocupări să indice altceva decît o gravă confuzie?

Distanţarea intelectuală de aceste distincţii şi altele asemănătoare nu mă face mai puţin conştient de importanţa şi forţa lor. Mulţi ani le-am considerat relevante naturii cunoaşterii şi încă mai cred că, reformulate corespunzător, ele au ceva important de spus. Totuşi, încercările mele de a le aplica, chiar *grosso modo*, situaţiilor reale în care cunoaşterea este dobîndită, acceptată şi asimilată le-a făcut să pară extrem de problematice. În loc de a fi distincţii logice şi metodologice elementare care ar preceda astfel analiza cunoaşterii ştiinţifice, ele par acum să fie părţi integrante ale unei mulţimi tradiţionale de răspunsuri efective la înseşi întrebările la care au fost aplicate. Această circularitate nu le invalidează nicidecum, ci le transformă în părţi ale unei teorii şi astfel le supune aceluiaşi examen aplicat regulat teoriilor din alte domenii. Dacă este vorba să aibă drept conţinut ceva mai mult decît abstracţii pure, atunci acest conţinut trebuie descoperit observîndu-le în aplicarea la date pe care ele sînt menite să le elucideze. Cum ar putea istoria ştiinţei să nu fie o sursă de fenomene la care li se poate cere în mod îndreptăţit teoriilor despre cunoaştere să se refere?

## II. CALEA SPRE ȘTIINȚA NORMALĂ

În acest sens, „știință normală" înseamnă cercetare bazată ferm pe una sau mai multe realizări științifice trecute, realizări pe care o anumită comunitate științifică le recunoaște, pentru o vreme, drept bază a practicii ei. Asemenea realizări sînt repovestite astăzi (deși rareori în forma lor inițială) în manualele științifice, elementare sau avansate. Manualele expun conținutul teoriei acceptate, ilustrează numeroase sau toate aplicațiile ei reușite, și le compară cu observații și experimente exemplare. Înainte ca asemenea cărți să devină populare, la începutul secolului al 19-lea (și chiar mai recent în științele maturizate ulterior), numeroase lucrări clasice celebre îndeplineau o funcție similară. *Fizica* lui Aristotel, *Almagest* al lui Ptolemeu, *Principia* și *Optica* lui Newton, *Electricitatea* lui Franklin, *Chimia* lui Lavoisier și *Geologia* lui Lyell — toate aceste lucrări, și multe altele, au definit implicit (pentru o vreme) problemele și metodele legitime ale unui domeniu de cercetare pentru generații succesive de practicieni. Ele puteau îndeplini această misiune întrucît împărtășeau două caracteristici esențiale. Realizările lor erau suficient de noi pentru a atrage un grup durabil de aderenți, îndepărtîndu-i de moduri rivale de activitate științifică. În același timp, ele erau suficient de deschise, de neîncheiate, pentru a lăsa soluționarea multor tipuri de probleme în sarcina noului grup de practicieni.

Realizările care împărtăşesc aceste două caracteristici le voi numi în continuare „paradigme", un termen strîns înrudit celui de „ştiinţă normală". Alegîndu-l, am vrut să sugerez că unele exemple acceptate de practica ştiinţifică reală — exemple care cuprind, laolaltă, legi, teorii, aplicaţii şi instrumentaţie — oferă modele din care apar anumite tradiţii coerente de cercetare ştiinţifică. Ele sînt tradiţii pe care istoricul le descrie sub rubrici ca „astronomie ptolemaică" (sau „copernicană"), „dinamică aristotelică" (sau „newtoniană"), „optică corpusculară" (sau „ondulatorie") ş.a.m.d. Studierea paradigmelor (incluzînd şi multe altele, mult mai specializate decît cele exemplificate înainte) este principala sursă de pregătire a studentului pentru a deveni membru într-o anumită comunitate ştiinţifică cu care va lucra mai tîrziu. Întrucît se va alătura unor oameni care au învăţat bazele domeniului lor din aceleaşi modele concrete, practica sa ulterioară va duce rareori la un dezacord deschis în probleme fundamentale. Oamenii a căror cercetare este bazată pe aceleaşi paradigme sînt angajaţi faţă de aceleaşi reguli şi standarde de practică ştiinţifică. Această angajare şi consensul evident pe care ea îl produce sînt condiţii indispensabile ale ştiinţei normale, adică ale genezei şi continuării unei anumite tradiţii de cercetare.

Deoarece conceptul de paradigmă va înlocui adesea, în acest eseu, o varietate de noţiuni familiare, trebuie spus mai mult despre motivele introducerii lui. De ce este realizarea ştiinţifică concretă (ca reper al angajării profesionale) anterioară diferitelor concepte, legi, teorii şi puncte de vedere ce pot fi abstrase din ea? În ce sens o paradigmă comună este o unitate fundamentală pentru cercetătorul dezvoltării ştiinţei, o unitate care nu poate fi pe deplin redusă la constituenţii ei logici elementari care ar putea funcţiona în locul ei? Cînd le vom întîlni în secţiunea V, răspunsurile la aceste întrebări şi la altele asemănătoare se vor dovedi fundamentale pentru înţelegerea ştiinţei normale şi a conceptului, înrudit, de paradigmă. Dar acea discuţie abstractă va depinde de o examinare anterioară a unor exemple de funcţionare efectivă a ştiinţei normale sau a paradigmei. În particular, ambele aceste concepte înrudite vor fi elucidate remarcînd că poate exista un tip de cercetare ştiinţifică în lipsa paradigmelor sau, cel puţin în lipsa unora atît de neechivoce şi

constrîngătoare ca cele citate mai înainte. Asimilarea unei paradigme şi a cercetării mai esoterice pe care ea o favorizează este un semn de maturitate în dezvoltarea oricărei ştiinţe.

Dacă merge înapoi pe firul cunoaşterii ştiinţifice a oricărui grup particular de fenomene înrudite, istoricul va întîlni probabil unele variante minore ale unui model ilustrat aici prin istoria opticii. Manualele de fizică din zilele noastre îi spun studentului că lumina înseamnă fotoni, adică entităţi mecanice-cuantice avînd unele caracteristici ondulatorii şi unele corpusculare. Cercetarea se efectuează în consecinţă sau, mai degrabă, corespunzător caracterizării mai minuţioase şi matematice din care este derivată această obişnuită formulare verbală. Această caracterizare a luminii nu este însă mai veche de o jumătate de secol. Înainte de a fi fost dezvoltată de către Planck, Einstein şi alţii la începutul acestui secol, textele de fizică ne învăţau că lumina era o mişcare ondulatorie transversală — o concepţie bazată pe o paradigmă derivată, în ultimă instanţă, din lucrările de optică ale lui Young şi Fresnel de la începutul secolului trecut. Dar teoria ondulatorie nu a fost prima care să fie adoptată de majoritatea fizicienilor din domeniul opticii. În secolul al 18-lea, paradigma respectivă era dată de *Optica* lui Newton, care susţinea că lumina este constituită din corpusculi materiali. În acea vreme, fizicienii căutau dovezi (pe care primii adepţi ai teoriei ondulatorii nu le căutaseră) ale presiunii exercitate de particulele de lumină asupra corpurilor solide[1].

Transformările paradigmelor opticii sînt revoluţii ştiinţifice, iar tranziţia succesivă de la o paradigmă la alta prin revoluţie constituie modelul obişnuit de dezvoltare a ştiinţei mature. Ceea ce nu este caracteristic perioadei anterioare operei lui Newton şi tocmai acest contrast ne interesează aici. Nici o perioadă cuprinsă între antichitatea îndepărtată şi sfîrşitul secolului al 17-lea nu indică o singură concepţie, general acceptată, despre natura luminii. Dimpotrivă, un număr de şcoli şi subşcoli rivale adoptau o variantă sau alta a teoriilor epicureene, aristotelice sau platonice. Un grup considera că lumina înseamnă particule emanate de corpuri materiale; pentru un altul,

[1] **Joseph Priestley,** *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (London, 1772) pp. 385—390.

ea era o modificare a mediului interpus între corp şi ochi; un al treilea explica lumina prin interacţiunea dintre mediu şi o emanaţie a ochiului; şi mai erau şi alte combinaţii şi modificări. Fiecare dintre şcolile respective se sprijinea pe o metafizică anumită; şi fiecare scotea în evidenţă, ca observaţii paradigmatice, un anumit grup de fenomene optice pe care propria ei teorie putea să-l explice cel mai bine. Celelalte observaţii erau tratate prin formule *ad hoc* sau rămîneau probleme în suspensie pentru cercetări ulterioare[2].

În diferite perioade, toate aceste şcoli au adus contribuţii importante la ansamblul de concepte, fenomene şi tehnici din care Newton a derivat prima paradigmă, aproape unanim acceptată, a opticii fizice. Orice definiţie a omului de ştiinţă care îi exclude cel puţin pe cei mai creativi membri ai acestor şcoli diferite îi va exclude de asemenea şi pe urmaşii lor moderni. Acei bărbaţi erau oameni de ştiinţă. Totuşi, oricine studiază istoria opticii prenewtoniene poate foarte bine să conchidă că, deşi practicienii domeniului erau oameni de ştiinţă, produsul net al activităţii lor era ceva mai puţin decît ştiinţă. Nefiind în stare să adopte nici un corp comun de idei, fiecare din ei se simţea obligat să reconstruiască edificiul opticii fizice din temelii. Procedînd astfel, fiecare era relativ liber să-şi aleagă observaţiile şi experimentele confirmatoare, pentru că nu exista un ansamblu standard de metode sau de fenomene pe care fiecare optician să fie obligat să-l folosească şi să-l explice. În aceste condiţii, cărţile apărute constituiau adesea nu numai un dialog cu natura, dar şi cu membrii altor şcoli. Acest model nu este neobişnuit, astăzi, într-o serie de domenii de creaţie, după cum nu este incompatibil cu descoperiri sau invenţii semnificative. El nu este însă modelul de dezvoltare urmat de optica fizică postnewtoniană şi cu care ne-au familiarizat, astăzi, celelalte ştiinţe ale naturii.

Istoria cercetărilor asupra electricităţii din prima jumătate a secolului al 18-lea oferă un exemplu mai concret şi mai bine cunoscut al modului în care se dezvoltă o ştiinţă înainte de a-şi asimila prima paradigmă universal acceptată. În acestă perioadă existau aproape tot atîtea con-

---

[2] Vasco Ronchi, *Histoire de la lumière*, tr. J. Taton (Paris, 1956), Cap. I—IV.

cepţii despre natura electricităţii, cîţi experimentatori importanţi: Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson, Franklin şi alţii. Numeroasele lor concepţii despre electricitate aveau, toate, ceva comun, şi anume erau parţial derivate din una sau alta dintre versiunile filozofiei mecanico-corpusculare care ghida întreaga cercetare ştiinţifică a epocii. În plus, toate erau componente ale unor teorii ştiinţifice reale, teorii care fuseseră obţinute, în parte, din observaţii şi experimente, şi care determinau parţial alegerea şi interpetarea problemelor noi abordate în cercetare. Totuşi, deşi toate experimentele erau din domeniul electricităţii şi deci cei mai mulţi dintre experimentatori citeau lucrările celorlalţi, teoriile lor nu aveau mai mult decît o „asemănare de familie"[3].

Un grup mai vechi de teorii, urmînd practica secolului al şaptesprezecelea, considera atracţia şi producerea prin frecare drept fenomenele electrice fundamentale. Acest grup era înclinat să trateze respingerea ca un efect secundar, datorat unui fel de destindere mecanică, şi de asemenea să amîne pe cît posibil atît discutarea cît şi examinarea sistematică a efectului recent descoperit de către Gray, conducţia electrică. Alţi „electricieni" (termenul le aparţine) considerau atracţia şi respingerea manifestări la fel de elementare ale electricităţii, modificîndu-şi în consecinţă teoriile şi cercetarea. (De fapt, acest grup era extrem de mic; nici măcar teoria lui Franklin n-a explicat vreodată întru totul respingerea reciprocă a două corpuri încărcate negativ.) Dar ei întîmpinau tot atîtea dificultăţi ca şi primul grup în explicarea simultană a celor mai simple efecte de conducţie. Aceste efecte constituiau, însă, punctul de plecare al unui al treilea grup, care era înclinat să vadă în electricitate un „fluid" care curge prin

---

[3] **Duane Roller şi Duane H. D. Roller,** *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb* („Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 8, Cambridge, Mass., 1954) şi **I. B. Cohen,** *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), Cap. VII—XII. Pentru unele detalii analitice din paragraful care urmează, sînt îndatorat unui articol încă nepublicat al studentului meu, John L. Heilbron. Pînă la publicarea lui, o relatare mai amplă şi mai precisă a apariţiei paradigmei lui Franklin este inclusă în T. S. Kuhn, „The Function of Dogma in Scientific Research", în A. C. Crombie (Ed), „Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9—15, 1961", colecţia Heinemann Educational Books, 1963.

conductori, mai degrabă decît un „efluviu" care emană de la neconductori. Acest grup, la rîndul lui, avea dificultăţi în a împăca teoria cu un număr de efecte de atracţie şi respingere. Numai prin opera lui Franklin şi a urmaşilor săi imediaţi a apărut o teorie care putea explica la fel de uşor aproape toate aceste efecte şi care, deci, a fost capabilă să ofere şi a oferit generaţiei următoare de „electricieni" o paradigmă comună de cercetare.

Excluzînd aceste domenii, ca matematica şi astronomia, în care primele paradigme solide datează din antichitate, ca şi acele, ca biochimia, care au apărut prin diviziunea şi recombinarea unor specialităţi deja mature, situaţiile schiţate mai sus sînt, istoric, tipice. Deşi, prin aceasta, continui să folosesc simplificarea nefericită care etichetează un episod istoric îndelungat cu un singur nume, oarecum arbitrar ales (de pildă, Newton sau Franklin), sînt de părere că dezacorduri fundamentale similare au caracterizat, de exemplu, studiul mişcării înainte de Aristotel şi al staticii înainte de Arhimede, studiul căldurii înainte de Black, sau al chimiei înainte de Boyle şi Boerhaave, ca şi al geologiei istorice înainte de Hutton. În unele părţi ale biologiei — studiul eredităţii, de pildă — primele paradigme universal admise sînt de dată şi mai recentă; şi rămîne încă de stabilit care părţi ale ştiinţelor sociale şi-au asimilat pînă acum asemenea paradigme. Istoria sugerează că drumul spre un consens ferm al cercetării este extrem de anevoios.

Dar istoria sugerează de asemenea şi unele cauze ale dificultăţilor întîmpinate pe acest drum. În lipsa unei paradigme sau a unui candidat la paradigmă, toate faptele care ar putea avea vreo legătură cu dezvoltarea unei anumite ştiinţe au toate şansele să pară la fel de relevante. În consecinţă, într-o fază iniţială, culegerea datelor este o activitate mult mai întîmplătoare decît cea cu care ne-a familiarizat dezvoltarea ştiinţifică ulterioară. Apoi, în lipsa unei raţiuni de a căuta o anume informaţie, mai sofisticată, culegerea iniţială a datelor se rezumă de obicei la bogăţia de fapte aflate la îndemînă. Provizia de date, astfel acumulate, le va cuprinde pe cele accesibile observaţiilor şi experimentelor întîmplătoare împreună cu unele din datele mai esoterice obţinute din meserii consacrate ca medicina, calendaristica sau metalurgia. Întrucît meseriile sînt o sursă uşor accesibilă de fapte care nu

puteau fi descoperite întîmplător, tehnologia a jucat adesea un rol vital în apariţia noilor ştiinţe.

Dar, deşi acest gen de culegere a datelor a fost esenţial în apariţia multor ştiinţe importante, oricine studiază, de pildă, scrierile enciclopedice ale lui Pliniu sau istoriile naturale baconiene din secolul al şaptesprezecelea va descoperi că rezultatul este un talmeş-balmeş. Vom ezita oarecum să considerăm ştiinţifică această literatură. „Istoriile" baconiene ale căldurii, culorii, vîntului, mineritului ş.a.m.d. abundă în informaţii, unele obscure. Dar ele alătură fapte care se vor dovedi mai tîrziu revelatoare (de exemplu, încălzirea prin amestecare), altora (de exemplu, căldura grămezilor de bălegar) care, pentru o vreme, vor rămîne prea complexe pentru a putea fi integrate unei teorii[4]. În plus, întrucît orice descriere este inevitabil parţială, istoria naturală tipică omite adesea din relatările ei extrem de minuţioase tocmai acele detalii care, mai tîrziu, vor fi pentru oamenii de ştiinţă surse importante de înţelegere. Aproape niciuna din „istoriile" timpurii ale electricităţii, de exemplu, nu menţionează că bucăţele de hîrtie atrase de o baghetă de sticlă frecată sînt apoi respinse. Acest efect părea mecanic, nu electric[5]. Dealtfel, deoarece adunarea întîmplătoare a faptelor dispune rareori de instrumentele necesare şi de răgazul de a fi critică, istoriile naturale suprapun frecvent descrieri ca cele de mai sus altora — să zicem, încălzirea prin antiperistază (sau prin răcire) — pe care astăzi nu sîntem în stare să le confirmăm[6]. Numai cu totul ocazional, ca în cazul vechii statici, dinamici sau optici geometrice, faptele acumulate sub slaba îndrumare a unor teorii încă neacceptate se impun cu suficientă forţă pentru a permite apariţia unei prime paradigme.

Aceasta este situaţia care a creat şcolile caracteristice stadiilor timpurii ale dezvoltării unei ştiinţe. Nici o isto-

---

[4] De comparat cu schiţa unei istorii naturale a căldurii în *Novum Organum* al lui Bacon, vol. VIII din *The Works of Francis Bacon*, ed. J Spedding, R. L. Ellis şi D. D. Heath (New York, 1869), pp. 179—203.

[5] Roller and Roller, *op. cit.*, pp. 14, 22, 28, 43. Efectele de respingere au fost unanim recunoscute ca fiind cert electrice numai după lucrarea menţionată în ultimul din aceste exemple.

[6] Bacon, *op. cit.*, pp. 235, 337, scrie: „Apa călduţă îngheaţă mai uşor decît apa rece". O relatare parţială a istoriei timpurii a acestei bizare observaţii poate fi găsită în Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (New York, 1941), Cap. 4.

rie a unei ştiinţe a naturii nu poate fi interpretată în absenţa (cel puţin a) unui corp implicit de convingeri teoretice şi metodologice intim interpătrunse, care să permită selecţia, evaluarea şi critica. Dacă acest corp de convingeri nu este deja implicit în acumularea faptelor — în care caz, este vorba de mai mult decît „simple fapte" la îndemînă — ,el trebuie să fie procurat din exterior, poate de la o filozofie curentă, de la o altă ştiinţă sau printr-un accident personal şi istoric. Nu este deci de mirare că în stadiile timpurii de dezvoltare a oricărei ştiinţe, cînd sînt confruntaţi cu aceeaşi clasă de fenomene, dar de obicei nu şi cu aceleaşi fenomene particulare, oameni diferiţi le descriu şi le interpretează în moduri diferite. Ceea ce este însă surprinzător, şi poate unic ca intensitate în domeniile pe care le numim ştiinţă, este că asemenea divergenţe iniţiale pot cîndva dispare într-o mare măsură.

Pentru că ele dispar, într-adevăr, într-o măsură considerabilă şi, se pare, o dată pentru totdeauna. Dispariţia lor este de obicei cauzată de triumful uneia dintre şcolile anterioare paradigmei, aceea care, datorită propriilor ei convingeri şi preconcepţii, scotea în evidenţă numai o anumită parte a fondului informaţional rudimentar şi mult prea vast. Acei „electricieni" care au conceput electricitatea ca un fluid şi care, deci, au pus în mod deosebit accentul pe conducţie, reprezintă un exemplu concludent în această privinţă. Stimulaţi de această convingere (care făcea faţă cu greu multiplicităţii efectelor de atracţie şi respingere, deja cunoscute), unii dintre ei au avut ideea de a îmbutelia fluidul electric. Rezultatul imediat al eforturilor lor a fost butelia de Leyda, un dispozitiv care, probabil, n-ar fi fost niciodată descoperit printr-o explorare ocazională sau întîmplătoare a naturii, dar care de fapt a fost elaborat independent de cel puţin doi investigatori la începutul deceniului al patrulea al secolului al 18-lea[7]. Încă de la începutul cercetărilor sale asupra electricităţii, Franklin a fost deosebit de preocupat de a explica acest straniu şi, pe atunci, extrem de revelator aparat. Reuşita explicaţiei sale a fost cel mai convingător argument care a făcut din teoria sa o paradigmă; deşi o paradigmă încă incapabilă să explice chiar toate cazurile cunoscute de

[7] **Roller şi Roller**, *op. cit.*, pp. 51—54.

respingere electrică[8]. Pentru a fi acceptată ca o paradigmă, o teorie trebuie să pară superioară rivalelor sale, dar nu trebuie neapărat (şi, de fapt, niciodată nu poate) să explice toate faptele cu care poate fi confruntată.

Teoria fluidului electric a însemnat pentru subgrupul care a adoptat-o ceea ce, mai tîrziu, a însemnat pentru întregul grup al „electricienilor" paradigma franklineană. Ea indica experimentele care merită să fie realizate precum şi cele care nu merită, fiind orientate doar spre aspectele secundare sau mult prea complexe ale fenomenelor electrice. Numai paradigma promovează o cercetare realmente eficientă: pe de o parte, pentru că prin încheierea disputelor dintre şcoli se punea astfel capăt reluării permanente a problemelor fundamentale; pe de altă parte, pentru că încrederea că se aflau pe calea cea bună îi încuraja pe oamenii de ştiinţă să întreprindă investigaţii mai precise, mai esoterice şi mai îndelungate[9]. Eliberat de preocuparea de a elucida natura fenomenelor electrice, grupul unit al „electricienilor" a putut investiga mai minuţios fenomene particulare, proiectînd în acest scop aparate mult mai specializate, pe care le-au folosit mult mai sistematic şi stăruitor decît au făcut-o vreodată înaintaşii lor. Atît adunarea faptelor cît şi articularea teoriei au devenit activităţi extrem de direcţionate. Eficacitatea şi eficienţa cercetării în electricitate au sporit în mod corespunzător, confirmînd o versiune socială a pătrunzătoarei maxime metodologice a lui Francis Bacon: „Adevărul apare mai uşor din eroare decît din confuzie"[10].

Vom examina natura acestei cercetări foarte direcţionate sau bazate-pe-paradigmă în secţiunea următoare;

---

[8] O dificultate supărătoare era respingerea reciprocă a corpurilor încărcate negativ; a se vedea **Cohen**, *op. cit.*, pp. 491—494, 531—543.

[9] Trebuie însă remarcat că acceptarea teoriei lui Franklin nu a pus capăt tuturor disputelor. În 1753, Robert Symmer a propus o versiune cu două fluide a acelei teorii şi mulţi ani după aceea „electricienii" mai discutau încă dacă electricitatea este un singur fluid sau două. Dar dezbaterile pe această temă nu fac decît să confirme ceea ce am afirmat mai sus despre modul în care o realizare unanim recunoscută uneşte o profesiune. Deşi continuau să fie în dezacord asupra acestui aspect, „electricienii" au ajuns curînd la concluzia că nici un test experimental nu poate distinge cele două versiuni ale teoriei şi că deci acestea erau echivalente. După aceea, ambele şcoli au putut să beneficieze şi au beneficiat de toate avantajele oferite de teoria lui Franklin (*ibid.*, pp. 543—546, 548—554).

[10] **Bacon**, *op. cit.*, p. 210.

înainte de aceasta, însă, să vedem pe scurt cum afectează apariţia unei paradigme structura grupului care activează în acest domeniu. În dezvoltarea unei ştiinţe a naturii, atunci cînd un individ sau un grup produce, pentru prima oară, o sinteză capabilă să atragă majoritatea practicienilor noii generaţii, vechile şcoli dispar treptat. În parte, dispariţia lor este cauzată de convertirea membrilor lor la noua paradigmă. Există însă întotdeauna unii oameni care se agaţă de una sau alta din vechile concepţii, dar ei sînt pur şi simplu expulzaţi din breaslă, iar lucrările lor sînt ignorate. Noua paradigmă implică o nouă şi mai rigidă definire a domeniului..Cei care nu doresc sau nu sînt capabili să-şi acomodeze activitatea la noua orientare sînt nevoiţi să lucreze izolaţi sau să se alăture vreunui alt grup[11]. Din punct de vedere istoric, aceştia au rămas adesea în domeniile filozofiei, din care s-au desprins atîtea ştiinţe particulare. Aşa cum sugerează aceste observaţii, uneori tocmai acceptarea unei paradigme transformă un grup, iniţial preocupat numai de studierea naturii, într-o profesiune sau, cel puţin, o disciplină. În ştiinţe (deşi nu în domenii ca medicina, tehnologia şi dreptul, a căror principală *raison d'être* este o necesitate socială exterioară), apariţia unor publicaţii specializate, întemeierea unor societăţi de specialişti şi revendicarea unui loc aparte în planurile de învăţămînt au fost de obicei legate de prima adoptare a unei singure paradigme de către un grup. Cel puţin aşa stau lucrurile de un secol şi jumătate, de cînd s-a dezvoltat pentru prima oară structura instituţională a profesiunii ştiinţifice şi

---

[11] Istoria electricităţii oferă un excelent exemplu care poate fi întîlnit şi în cariera lui Priestley, Kelvin şi a altora. Franklin relatează că Nollet, care la mijlocul secolului era cel mai influent dintre cercetătorii continentali, „a trăit să se vadă ultimul din Secta sa, exceptîndu-l pe dl. B — Elevul şi Discipolul său imediat" (Max Farrand (ed), *Benjamin Franklin's Memoirs*, Berkeley, Calif., 1949, pp. 384—386). Mai interesantă însă este rezistenţa unor întregi şcoli în izolarea lor tot mai accentuată de ştiinţa profesională. Să considerăm, de pildă, cazul astrologiei care fusese odată parte integrantă a astronomiei; sau continuarea, la sfîrşitul secolului al 18-lea şi începutul secolului al 19-lea, a tradiţiei odinioară respectate a chimiei „romantice". Aceasta este tradiţia discutată de Charles C. Gillispie în „The *Encyclopédie* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 255—289; şi „The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory", *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, (1956), 323—338.

pînă în vremurile cele mai recente cînd atributele specializării au dobîndit un prestigiu de sine stătător.

Definirea mai rigidă a grupului ştiinţific are şi alte consecinţe. Cînd omul de ştiinţă se poate baza pe o paradigmă, el nu mai este nevoit (în lucrările sale principale) să încerce să-şi reconstruiască domeniul, plecînd de la primele principii şi justificînd folosirea fiecărui concept introdus. Toate acestea pot fi lăsate în seama autorului de manuale. Existenţa unui manual îi permite omului de ştiinţă creator să-şi înceapă cercetarea de unde manualul se opreşte şi astfel să se concentreze exclusiv asupra celor mai subtile şi esoterice aspecte ale fenomenelor naturale studiate de grupul său. Şi, pe măsură ce procedează astfel, comunicarea cercetărilor sale va îmbrăca forme noi, a căror evoluţie a fost prea puţin studiată, dar ale căror produse finite moderne sînt evidente pentru toţi şi copleşitoare pentru mulţi. Cercetările sale nu vor mai fi încorporate în cărţi ca *Experimentele... asupra electricităţii* a lui Franklin sau ca *Originea speciilor* a lui Darwin, destinate tuturor celor interesaţi în problemele domeniului respectiv. În schimb, ele vor apărea sub forma unor articole succinte, adresate numai colegilor din aceeaşi profesiune, oameni despre care se poate presupune că împărtăşesc şi cunosc aceeaşi paradigmă şi care se dovedesc a fi singurii în stare să înţeleagă aceste articole.

În ştiinţele contemporane, cărţile sînt de obicei fie manuale, fie reflecţii retrospective asupra unui aspect sau altuia al vieţii ştiinţifice. Omul de ştiinţă care scrie o carte are mai multe şanse să-şi strice decît să-şi întărească reputaţia profesională. Numai în stadiile timpurii, preparadigmatice, ale dezvoltării diferitelor ştiinţe, cartea avea de obicei aceeaşi semnificaţie pentru reuşita profesională pe care o are încă în alte domenii de creaţie. Şi numai în acele domenii în care cartea continuă să fie (alături de articole sau fără ele) un vehicul al comunicării cercetărilor, direcţiile de profesionalizare sînt încă atît de vagi încît profanul mai poate spera să ţină pasul citind lucrările originale ale practicienilor. Atît în matematici cît şi în astronomie, rapoartele de cercetare au încetat încă din antichitate să mai fie accesibile unui public de cultură generală. În dinamică, cercetarea a devenit la fel de esoterică spre sfîrşitul Evului Mediu, redobîndindu-şi inteligibilitatea de ansamblu pentru puţină vreme, la începutul secolului al

şaptesprezecelea, cînd o nouă paradigmă a înlocuit-o pe cea care orientase cercetarea medievală. În electricitate, cercetarea a trebuit, pentru prima oară, să fie tradusă în limbajul profanului spre sfîrşitul secolului al optsprezecelea, iar multe alte domenii ale fizicii au încetat să mai fie general accesibile în secolul al nouăsprezecelea. În cursul acestor două secole, pot fi identificate tranziţii asemănătoare în diferite sectoare ale ştiinţelor biologice. În unele părţi ale ştiinţelor sociale ele survin probabil în zilele noastre. Deşi a devenit un obicei, şi pe bună dreptate, să deplîngem prăpastia tot mai largă care-l separă pe omul de ştiinţă profesionist de colegii săi din alte domenii, s-a dat prea puţină atenţie relaţiei esenţiale dintre această prăpastie şi mecanismele intrinseci evoluţiei ştiinţifice.

Încă din vremuri imemorabile, unul după altul, domeniile de cercetare au trecut graniţa dintre ceea ce istoricul ar putea numi preistoria lor ca ştiinţe şi istoria lor propriu-zisă. Aceste tranziţii spre maturitate au fost rareori atît de instantanee sau neechivoce pe cît lasă să se înţeleagă prezentarea mea, inevitabil schematică. Dar, considerate istoric, ele nu au fost nici treptate, nici coextensive, adică, în acelaş pas cu întreaga dezvoltare a domeniilor în care au avut loc. Cercetătorii electricităţii din primele patru decenii ale secolului al optsprezecelea dispuneau de mult mai multă informaţie despre fenomenele electrice decît predecesorii lor din secolul al şasesprezecelea. Iar în jumătatea de secol de după 1740, doar cîteva tipuri noi de fenomene electrice s-au adăugat cunoştinţelor lor. Totuşi, în cîteva privinţe importante, cercetările lui Cavendish, Coulomb şi Volta din ultima treime a acelui secol păreau mult mai îndepărtate de cele ale lui Gray, Du Fay şi chiar Franklin, decît sînt acestea din urmă de cele ale secolului al şasesprezecelea[12]. La un moment dat, între 1740 şi 1780, „electricienii" au fost pentru prima oară în stare să consi-

[12] Dezvoltările post-frankliniene constau în: o creştere considerabilă în sensibilitatea detectorilor de sarcină, primele tehnici sigure şi larg răspîndite de măsurare a sarcinii, evoluţia conceptului de capacitate şi relaţia sa cu noţiunea, perfecţionată, de tensiune electrică, şi cuantificarea forţei electrostatice. Despre toate acestea, a se vedea **Roller** şi **Roller**, *op. cit.*, pp. 66—81; W. C. Walker, „The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century", *Annals of Science*, I (1936) 66—100; şi Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, (Leipzig, 1884), partea I, cap. III—IV.

dere fundamentele domeniului lor drept incontestabile. Din acel moment, ei s-au îndreptat spre probleme mai concrete şi mai adînci; şi, într-o măsură tot mai mare, îşi comunicau rezultatele mai degrabă în articole adresate celorlalţi colegi decît în cărţi adresate lumii culte, în general. Ca grup, ei au dobîndit ceea ce fusese cîştigat de astronomi în antichitate şi de cercetătorii mişcării în Evul Mediu, de optica fizică la sfîrşitul secolului al şaptesprezecelea şi de geologia istorică la începutul secolului al nouăsprezecelea. Şi anume, ei au dobîndit o paradigmă care s-a dovedit capabilă să orienteze cercetarea întregului grup. Chiar dacă facem abstracţie de avantajul pe care ni-l dă privirea retrospectivă, este greu de găsit un alt criteriu care, în mod atît de evident, să facă dintr-un domeniu o ştiinţă.

# III. NATURA ȘTIINȚEI NORMALE

Care este deci natura cercetării mai profesionale și esoterice pe care o îngăduie adoptarea unei singure paradigme de către un grup? Dacă paradigma este o operă realizată o dată pentru totdeauna, ce alte probleme lasă ea grupului spre rezolvare? Aceste întrebări vor apărea și mai acute dacă notăm că, într-o privință, termenii folosiți pînă acum ar putea să inducă în eroare. În accepția ei uzuală, o paradigmă este un model sau un cadru acceptat; acest sens al ei mi-a permis, în lipsa unui termen mai bun, să circumscriu pînă acum „paradigma". Dar se va vedea imediat că sensul de „model" sau „cadru" nu este de loc cel obișnuit pentru definirea „paradigmei". În gramatică, de pildă, „*amo, amas, amat*" este o paradigmă întrucît dezvăluie structura utilizabilă în conjugarea unui mare număr de verbe latine; de exemplu, generarea lui „*laudo, laudas, laudat*". În această aplicație standard, paradigma operează permițînd repetarea unor exemple, fiecare din acestea putînd, în principiu, să o înlocuiască. Într-o știință, însă, o paradigmă este rareori supusă repetării. Dimpotrivă, asemenea unei decizii judecătorești, potrivit obiceiului pămîntului, ea este supusă unei noi articulări și precizări, în condiții noi sau mai riguroase.

Pentru a surprinde acest aspect, trebuie să înțelegem cît de limitată, ca amploare și precizie, poate fi o paradigmă în momentul apariției ei. Paradigmele își cîștigă un statut pentru că reușesc mai bine decît rivalele lor să rezolve cîteva

din problemele considerate acute de către grupul de practicieni. Dar a reuși mai bine nu înseamnă a reuși complet în cazul unei singure probleme sau a reuși remarcabil în cazul oricît de multor probleme. Reușita unei paradigme — fie că este vorba despre analiza aristotelică a mișcării, calculele lui Ptolemeu asupra poziției planetelor, folosirea balanței de către Lavoisier sau despre matematizarea de către Maxwell a cîmpului electromagnetic — este la început mai mult o promisiune a reușitei dezvăluită de anumite exemple privilegiate și încă incomplete. Știința normală constă în înfăptuirea acestei promisiuni, o înfăptuire realizată prin extinderea cunoașterii acelor fapte pe care paradigma le înfățișează ca deosebit de semnificative, prin sporirea corespondenței dintre aceste fapte și predicțiile paradigmei și prin articularea în continuare a paradigmei însăși.

Puțini dintre oamenii care nu lucrează efectiv într-o știință matură își dau seama cîtă muncă de grădinărit cere o paradigmă și cît de fascinantă se poate dovedi a fi o astfel de muncă. Aceste aspecte trebuie înțelese. Operațiile de grădinărit ocupă întreaga carieră a majorității oamenilor de știință. Ele constituie ceea ce numesc aici știință normală. Examinată mai îndeaproape, fie istoric, fie în laboratoarele contemporane, această întreprindere pare o încercare de a forța natura într-un tipar prestabilit și relativ inflexibil furnizat de către paradigmă. În nici o privință scopul paradigmei nu este de a face apel la noi tipuri de fenomene; mai mult, cele care nu se potrivesc tiparului sînt adesea complet ignorate. Oamenii de știință nu vizează în mod normal să inventeze noi teorii, iar adesea sînt chiar intoleranți față de cele inventate de alții [1]. Dimpotrivă, cercetarea științifică normală este îndreptată spre articularea acelor fenomene și teorii oferite deja de paradigmă.

Poate că acestea sînt defecte. Ariile investigate de știința normală sînt firește minuscule; știința normală are o viziune extrem de restrînsă. Dar restricțiile, născute din încrederea într-o paradigmă, se dovedesc a fi esențiale pentru dezvoltarea științei. Concentrînd atenția asupra unei arii restrînse de probleme relativ esoterice, paradigma

[1] Bernard Barber, „Resistance by Scientists to Scientific Discovery", *Science*, CXXXIV (1961), 596—602.

îi obligă pe oamenii de știință să investigheze o parte a naturii în detalii și adîncimi de neatins în alte condiții. Și știința normală posedă un mecanism intern care asigură relaxarea restricțiilor care încorsetează cercetarea, ori de cîte ori paradigma care le impune încetează de a mai funcționa efectiv. În acel moment, oamenii de știință încep să se comporte diferit, iar natura problemelor lor de cercetare se schimbă. Între timp, însă, cînd paradigma continuă să aibă succes, grupul de practicieni va fi rezolvat probleme pe care membrii lui cu greu și le-ar fi imaginat și pe care nu le-ar fi abordat niciodată dacă n-ar fi adoptat acea paradigmă. Cel puțin o parte din această realizare se dovedește întotdeauna a fi permanentă.

4. Pentru a arăta mai clar ceea ce se înțelege prin cercetare normală sau bazată-pe-paradigmă voi încerca să clasific și să ilustrez problemele din care este compusă în principal știința normală. Pentru comoditate, voi lăsa pentru mai tîrziu activitatea teoretică și voi începe cu adunarea faptelor, adică cu experimentele și observațiile descrise în revistele de specialitate, prin care oamenii de știință își informează colegii despre rezultatele cercetărilor lor curente. Care aspecte ale naturii sînt descrise în mod obișnuit de către oamenii de știință? Ce determină alegerea lor? Și, întrucît majoritatea observațiilor științifice consumă mult timp, aparataj și bani, ce îl determină pe omul de știință să ducă la bun sfîrșit acea alegere?

Cred că există numai trei obiective normale pentru investigarea științifică factuală și că ele nu sînt întotdeauna distincte. Primul este acea clasă de fapte pe care 4.0 paradigma le-a identificat ca deosebit de revelatoare despre natura lucrurilor. Folosindu-le în rezolvarea problemelor, paradigma le-a făcut demne de a fi determinate cu mai multă precizie și într-o mai largă varietate de situații. Într-un moment sau altul, aceste determinări factuale semnificative constau din: în astronomie — poziția și mărimea stelelor, perioadele de eclipsă ale unor stele duble și ale planetelor; în fizică — greutatea și compresibilitatea specifică a unor materiale, lungimile de undă și intensitățile spectrale, conductibilitatea electrică și potențialele de contact; iar în chimie — compoziție și greutăți atomice, puncte de fierbere și aciditatea soluțiilor, formule de structură și activități optice. Încercările de a spori precizia și amploarea cunoașterii unor asemenea fapte ocupă un loc

important în literatura științei experimentale și observaționale. În permanență au fost proiectate, în acest scop, aparate complexe, iar inventarea, construirea și funcționarea lor au cerut talent deosebit, mult timp și sprijin financiar considerabil. Sincrotroanele și radiotelescoapele oferă numai cele mai recente exemple ale eforturilor de care sînt în stare cercetătorii atunci cînd o paradigmă le dă certitudinea că faptele pe care le caută sînt importante. De la Tycho Brahe la E. O. Lawrence, unii oameni de știință și-au cîștigat o mare reputație nu datorită unei noi descoperiri ci preciziei, siguranței și sferei metodelor pe care le-au dezvoltat în vederea redeterminării unei categorii de fapte deja cunoscute.

O a doua clasă curentă, dar mai mică, de determinări factuale vizează acele fapte care (deși nu prezintă adesea un interes intrinsec) pot fi direct comparate cu predicțiile paradigmei. Așa cum vom vedea îndată, cînd voi trece de la problemele experimentale la cele teoretice ale științei normale, există puține zone în care o teorie științifică (mai ales dacă este formulată în mare măsură matematic) poate fi direct comparată cu natura. Nu mai mult de trei asemenea zone sînt, pînă acum, accesibile teoriei relativității generalizate [2]. Apoi chiar în acele zone în care compararea este posibilă, ea implică frecvent aproximări teoretice și experimentale care limitează serios concordanța așteptată. Îmbunătățirea acestei concordanțe sau găsirea unor noi zone în care ea poate fi validată pînă la urmă pun permanent la încercare talentul și imaginația experimentatorului și observatorului. Telescoape special construite pentru a valida predicția copernicană a paralaxei anuale; mașina lui Atwood inventată cu aproape un secol după *Principia* pentru a da prima demonstrație neechivocă a celei de a doua legi a lui Newton; aparatul lui Foucault pentru a arăta

[2] Singura verificare consacrată este precesia periheliului planetei Mercur. Deplasarea spre roșu în spectrul de lumină al stelelor depărtate poate fi derivată din considerații mai elementare decît relativitatea generalizată și același lucru s-ar putea spune despre curbura luminii în jurul soarelui, o problemă oarecum disputată astăzi. În orice caz, măsurările acestui din urmă fenomen rămîn echivoce. O altă verificare pare să fi fost stabilită foarte recent: deplasarea gravitațională a radiației Mossbauer. Poate vor apărea în curînd și altele în acest domeniu astăzi activ, dar multă vreme adormit. Pentru o prezentare concisă și la zi a problemei, a se vedea L. I. Schiff, „A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity", *Physics Today*, XIV (1961), 42–48.

că viteza luminii este mai mare în aer decît în apă; sau giganticul contor de scintilaţii menit să demonstreze existenţa neutrinului — toate aceste aparate speciale şi multe altele asemănătoare ilustrează imensele eforturi şi talente care au fost solicitate pentru a stabili un acord cît mai strîns între teorie şi natură [3].

Încercarea de a demonstra un asemenea acord constituie un al doilea tip de activitate experimentală normală şi depinde chiar mai evident decît prima de o paradigmă. Existenţa paradigmei defineşte probleme de rezolvat; adesea, teoria paradigmă este implicată direct în proiectarea aparatului capabil să rezolve probleme. Fără *Principia*, de pildă, măsurările făcute cu maşina lui Atwood n-ar fi avut nici o semnificaţie.

O a treia clasă de experimente şi observaţii epuizează, cred, activităţile de culegere a faptelor proprii ştiinţei normale. Ea constă din travaliul empiric menit să articuleze teoria paradigmă, dizolvînd ambiguităţile rămase şi permiţînd rezolvarea problemelor asupra cărora anterior ea atrăsese doar atenţia. Această clasă se dovedeşte a fi cea mai importantă dintre toate. Pentru descrierea ei va fi necesar să o subdivizăm. În ştiinţele mai matematizate, unele din experimentele menite să articuleze paradigme sînt orientate spre determinarea constantelor fizice. Teoria lui Newton, de pildă, arată că forţa gravitaţională dintre două unităţi de masă la o unitate de distanţă va fi aceeaşi pentru toate tipurile de materie în orice loc al universului. Dar propriile probleme ale lui Newton puteau fi rezolvate fără a estima măcar mărimea acestei atracţii, constanta gravitaţională universală, şi, timp de un secol de la apariţia lucrării *Principia*, nimeni altcineva nu a imaginat un aparat capabil să o determine. Iar faimoasa determinare a lui Cavendish, din 1790 nu avea să fie nici ultima. Datorită poziţiei

---

[3] Pentru două din telescoapele pentru paralaxe, a se vedea **Abraham Wolf**, *A History of Science, Technology, and Philosophy in the 18th Century* 2d ed.; London, 1952), pp. 103—105. Pentru maşina lui Atwood, vezi **N. R. Hanson**, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 100—102, 207—208. Pentru ultimele două aparate, vezi **M. L. Foucault** „Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparentes", *Comptes rendus... de l'Académie des sciences*, XXX (1850), 551—560; şi **C. L. Cowan, Jr.** et al., „Detection of the Free Neutrino: A Confirmation", *Science*, CXXIV (1956), 103—104.

centrale ocupate în teoria fizică, valorile îmbunătăţite ale constantei gravitaţionale au fost obiectul unor repetate eforturi întreprinse de atunci de numeroşi experimentatori remarcabili[4]. Alte exemple ilustrînd acelaşi efort neîntrerupt ar fi determinările unităţii astronomice, numărul lui Avogadro, coeficientul lui Joule, sarcina electronului, şi aşa mai departe. Puţine din aceste eforturi minuţioase ar fi fost concepute (şi nici unul n-ar fi fost realizat) fără o teorie paradigmă care să definească problemele şi să garanteze existenţa unei soluţii certe.

Eforturile de a articula o paradigmă nu se reduc însă la determinarea constantelor universale. Ele pot viza, de asemenea, formularea unor legi cantitative : legea lui Boyle, care corelează presiunea cu volumul unui gaz, legea atracţiei electrice a lui Coulomb şi formula lui Joule, corelînd căldura generată de rezistenţa şi curentul electric — toate intră în această categorie. Poate nu este evident că o paradigmă este premisa necesară descoperirii unor legi de acest fel. Ni se spune adesea că ele sînt descoperite prin examinarea unor măsurători întreprinse de dragul lor, fără vreo implicaţie teoretică. Dar istoria nu confirmă o metodă atît de excesiv baconiană. Experimentele lui Boyle nu puteau fi concepute (iar dacă ar fi fost, ar fi primit o altă interpretare sau nici una) pînă cînd aerul nu a fost considerat un fluid elastic căruia să i se poată aplica toate conceptele elaborate ale hidrostaticii[5]. Succesul lui Coulomb depindea de aparatul special construit de el pentru a măsura forţa dintre două sarcini. (Cei care măsuraseră înainte forţele electrice, folosind obişnuitele balanţe cu talere etc., nu găsiseră nici o regularitate constantă sau simplă.) Dar acest aparat depindea, la rîndul lui, de recunoaşterea prealabilă a faptului că fiecare particulă a fluidului electric acţionează,

[4] J. H. P[oynting] trece în revistă vreo două duzini de măsurători ale constantei gravitaţionale, între 1741 şi 1901, în „Gravitation Constant and Mean Density of the Earth", *Encyclopaedia Britannica* (11th ed.; Cambridge, 1910—11) XII, 385—389.

[5] Pentru o transplantare deplină a conceptelor hidrostaticii în pneumatică, vezi *The Physical Treaties of Pascal*, trad. I.H.B. Spiers şi A.G.H. Spiers, cu o introducere şi note de F. Barry (New York, 1937). Ideea iniţială a paralelismului, a lui Torricelli, („trăim pe fundul unui ocean de aer") apare la p. 164. Dezvoltarea ei rapidă este arătată în cele două tratate principale.

la distanță, asupra oricărei alteia. Tocmai forța dintre asemenea particule — singura forță care putea fi cert admisă ca o simplă funcție de distanță — era aceea pe care o căuta Coulomb [6]. Experimentele lui Joule pot fi de asemenea considerate pentru a ilustra felul în care legile cantitative apar prin articularea paradigmei. De fapt, relația dintre paradigma calitativă și legea cantitativă este într-atît de generală și strînsă încît, de la Galileu încoace, astfel de legi au fost adesea corect intuite cu ajutorul unei paradigme cu ani înainte ca aparatul pentru determinarea lor experimentală să poată fi proiectat [7].

În sfîrșit, există și un al treilea tip de experiment care vizează articularea unei paradigme. Mai mult decît celelalte, acesta poate fi asemănat explorării, fiind deosebit de răspîndit în perioadele și științele preocupate mai mult de aspectele calitative decît cantitative ale regularităților naturii. Adesea, o paradigmă elaborată pentru o clasă de fenomene se dovedește a fi ambiguă cînd este aplicată la alte clase, strîns înrudite. În astfel de cazuri, sînt necesare experimente care să aleagă între modalități alternative de aplicare a paradigmei la noua clasă de fenomene. De pildă, aplicațiile paradigmei teoriei calorice vizau încălzirea și răcirea prin amestecuri și schimbări de stare. Dar căldura poate fi eliberată sau absorbită prin multe alte căi — de pildă, prin combinații chimice, frecare, și prin comprimarea sau absorbția unui gaz — și fiecăruia din aceste alte fenomene teoria i se poate aplica în diferite feluri. Dacă vidul are, de exemplu, capacitate calorică, atunci încălzirea prin comprimare poate fi explicată ca rezultat al amestecului gazului cu vidul. Sau se poate datora unei schimbări în căldura specifică a gazelor, odată cu schimbarea presiunii. Mai sînt și alte explicații pe lîngă acestea. Numeroase experimente au fost întreprinse pentru a explora asemenea posibilități variate și a distinge între ele; toate aceste experimente rezultă din teoria calorică-ca-paradigmă și

---

[6] Duanne Roller și Duanne H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from Greeks to Coulomb* („Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 8; Cambridge, Mass., 1954) pp. 66—80.

[7] Pentru exemple, vezi T. S. Kuhn, „The Function of Measurement in Modern Physical Science", *Isis*, LII (1961), 161—193.

toate o folosesc în proiectarea experimentelor și interpretarea rezultatelor [8]. De îndată ce fenomenul căldurii prin comprimare a fost stabilit, toate celelalte experimente, în acest domeniu, deveneau astfel dependente de paradigmă. Fiind dat fenomenul, cum s-ar fi putut altfel alege un experiment care să-l elucideze?

Să ne ocupăm acum de problemele teoretice ale științei normale, care se împart în aproape aceleași categorii ca și cele experimentale și observaționale. O parte a activității teoretice normale (deși numai o mică parte) constă numai în folosirea teoriei existente pentru predicția informației factuale de o valoare intrinsecă. Întocmirea tabelelor astronomice, calcularea caracteristicilor lentilei sau trasarea curbelor de propagare a undelor radio sînt exemple de astfel de probleme. Oamenii de știință le consideră însă o treabă de corvoadă care poate fi încredințată inginerilor și tehnicienilor. Ele nu apar niciodată în număr prea mare în reviste științifice importante. Aceste reviste cuprind, în schimb, numeroase discuții teoretice ale unor probleme care, pentru nespecialist, par aproape identice. Ele sînt aplicații ale teoriei, efectuate nu pentru că predicțiile la care duc au o valoare intrinsecă, ci pentru că ele pot fi confruntate direct cu experimentul. Scopul lor este de a releva o nouă aplicație a paradigmei sau de a spori precizia unei aplicații deja realizate.

Nevoia unei asemenea activități rezultă din imensele dificultăți întîmpinate adesea în descoperirea punctelor de contact între o teorie și natură. Aceste dificultăți pot fi succint ilustrate printr-o examinare a istoriei dinamicii de după Newton. La începutul secolului al 18-lea, acei oameni de știință care considerau *Principia* o paradigmă, acceptau fără ezitare generalitatea concluziilor ei și aveau toate motivele să procedeze astfel. Nici o altă operă a istoriei științei nu permisese, simultan, o asemenea extindere și precizie a cercetării. Pentru bolta cerească, Newton a derivat legile mișcării planetelor, ale lui Kepler, și a explicat de asemenea anumite cazuri în care se observă că Luna le încalcă. Pentru Pămînt, el a derivat rezultatele

[8] T. S. Kuhn, „The Caloric Theory of Adiabatic Compression", *Isis*, XLIX (1958), 132–140.

unor observaţii disparate despre pendule şi maree. Cu ajutorul unor ipoteze suplimentare dar *ad hoc*, el a fost de asemenea în stare să deducă legea lui Boyle ca şi o formulă importantă a vitezei sunetului în aer. Dată fiind starea ştiinţei în acea vreme, succesul acestor demonstraţii a fost cu totul impresionant. Totuşi, dată fiind presupusa generalitate a legilor lui Newton, numărul acestor aplicaţii nu era mare, iar Newton nu a mai elaborat aproape nici o altă aplicaţie. Apoi, comparate cu ceea ce orice student în fizică poate realiza astăzi cu aceleaşi legi, puţinele aplicaţii ale lui Newton nu erau nici măcar elaborate cu precizie. În sfîrşit, *Principia* fusese destinată să fie aplicată mai ales problemelor mecanicii cereşti. Nu era de loc clar cum poate fi ea adaptată aplicaţiilor terestre, mai ales celor privind mişcarea aflată sub influenţa unei forţe. În orice caz, problemele terestre fuseseră deja atacate cu mult succes prin tehnici cu totul diferite, dezvoltate iniţial de către Galileu şi Huyghens şi perfecţionate pe continent, în secolul al 18-lea, de către fraţii Bernoulli, d'Alembert şi mulţi alţii. S-ar fi putut probabil arăta că tehnicile lor şi cele din *Principia* sînt cazuri speciale ale unei formule mai generale, dar pentru o vreme nimeni nu a ştiut care ar putea fi aceasta [9].

5.b Să ne oprim puţin asupra problemei preciziei. Am ilustrat deja aspectul ei empiric. Echipamente speciale — precum aparatul lui Cavendish, maşina lui Atwood, sau telescoape perfecţionate — erau necesare pentru a furniza datele speciale cerute de aplicaţiile concrete ale paradigmei lui Newton. Obţinerea unei concordanţe ridica dificultăţi asemănătoare şi teoriei. De exemplu, aplicîndu-şi legile la mişcarea pendulului, Newton a fost nevoit să considere greutatea acestuia drept un punct de masă pentru a da o definiţie unică lungimii pendulului. Cele mai multe din teoremele sale (puţinele excepţii fiind ipotetice şi preliminare) ignorau de asemenea efectul rezistenţei aerului. Acestea erau aproximaţii fizice judicioase. Totuşi, ca

[9] C. Truesdell, „A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason", *Archive for History of the Exact Sciences*, I (1960), 3—36 şi „Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*", *Texas Quarterly*, X (1967) 281—297; T. L. Hankins, „The Reception of Newton's Second Law of Motion in the 18th Century", *Archives Internationales d'histoire des sciences*, XX (1967), 42—65.

aproximaţii, ele reduceau concordanţa aşteptată dintre predicţiile lui Newton şi experimentele reale. Aceleaşi dificultăţi apar şi mai clar în aplicarea teoriei lui Newton la mecanica cerească. Observaţii telescopice cantitativ simple arată că planetele nu ascultă de legile lui Kepler, iar teoria lui Newton arată că nici nu trebuie. Pentru a deriva aceste legi, Newton a fost nevoit să neglijeze orice atracţie gravitaţională, cu excepţia celei dintre planete şi Soare. Deoarece planetele se atrag de asemenea reciproc putea fi prevăzut numai un acord aproximativ între teoria aplicată şi observaţiile telescopice [10].

Acordul obţinut este, firește, mai mult decît satisfăcător pentru cei care l-au obţinut. Exceptînd unele probleme terestre, nici o altă teorie nu ar fi putut obţine un rezultat atît de bun. Nici unul dintre cei care au contestat validitatea operei lui Newton nu au făcut-o din cauza acordului ei limitat cu experimentul şi observaţia. Totuşi, aceste limite au lăsat multe probleme teoretice fascinante în seama succesorilor lui Newton. Erau necesare, de pildă, procedee teoretice pentru tratarea mişcărilor mai multor (decît două) corpuri care se atrag simultan, ca şi pentru cercetarea stabilităţii orbitelor perturbate. Astfel de probleme i-au preocupat pe mulţi dintre cei mai buni matematicieni europeni ai secolului al 18-lea şi începutului secolului al 19-lea. Euler, Lagrange, Laplace şi Gauss au obţinut unele din rezultatele lor cele mai strălucite lucrînd la probleme destinate să îmbunătăţească corespondenţa dintre paradigma newtoniană şi observaţiile astronomice. Mulţi dintre ei au lucrat simultan la dezvoltarea matematicii necesare unor aplicaţii pe care nici Newton, nici şcoala contemporană de mecanică de pe continent nu le încercaseră măcar. Ei au produs, astfel, o literatură imensă şi unele tehnici matematice, extrem de puternice, pentru hidrodinamică şi pentru problemele coardelor vibrante. Aceste probleme de aplicaţie au generat probabil cea mai strălucită şi epuizantă muncă ştiinţifică a secolului al 18-lea. Alte exemple ar putea fi descoperite prin examinarea perioadei post-paradigmatice în dezvoltarea termodinamicii, teoriei ondulatorii a luminii, teoriei electromagnetice sau oricărei alte ramuri a ştiinţei ale cărei legi fun-

---

[10] **Wolf**, *op. cit.*, pp. 75—81, 96—101; şi **William Whewell**, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed., London, 1847), II, 213—271.

damentale sînt pe deplin cantitative. Cel puţin în ştiinţele mai matematizate, majoritatea muncii teoretice este de acest gen.

Dar nu toată. Chiar în ştiinţele matematice, există de asemenea probleme teoretice de articulare a paradigmei; iar în perioadele în care dezvoltarea ştiinţifică este predominant calitativă, aceste probleme sînt dominante. Atît în ştiinţele mai cantitative cît şi în cele mai calitative, unele din probleme vizează numai o clarificare prin reformulare. *Principia*, de exemplu, nu s-a dovedit a fi întotdeauna o lucrare uşor de aplicat, pe de o parte, pentru că păstra ceva din stîngăcia inevitabilă a primei încercări iar, pe de altă parte, pentru că o mare parte din sensul ei era doar implicit în aplicaţiile ei. Pentru multe aplicaţii terestre, în orice caz, o serie de tehnici elaborate pe continent (şi aparent neînrudite) păreau considerabil mai puternice. Ca urmare, de la Euler şi Lagrange în secolul al 18-lea pînă la Hamilton, Jacobi şi Hertz în al 19-lea, mulţi dintre cei mai străluciţi fizicieni matematicieni europeni s-au străduit în mod repetat să formuleze teoria mecanică într-o formă echivalentă dar, logic şi estetic, mai satisfăcătoare. Ei doreau, cu alte cuvinte, să expună ideile explicite şi implicite din *Principia* şi din mecanica continentală într-o versiune mai coerentă logic, care ar fi putut fi în acelaşi timp mai omogenă şi mai puţin echivocă în aplicarea ei la noile probleme ale mecanicii [11].

Reformulări similare ale unei paradigme s-au petrecut, în repetate rînduri, în toate ştiinţele, dar majoritatea lor a produs mai multe schimbări substanţiale în paradigmă decît reformulările *Principiilor* menţionate mai sus. Astfel de schimbări rezultă dintr-o activitate empirică, anterior descrisă ca fiind orientată spre articularea paradigmei. Într-adevăr, a caracteriza o astfel de activitate drept empirică era arbitrar. Mai mult decît orice alt gen de cercetare normală, problemele articulării paradigmei sînt simultan teoretice şi experimentale; exemplele date mai sus pot ilustra la fel de bine şi această idee. Înainte de a-şi putea construi aparatul şi a face măsurători cu el, Coulomb a trebuit să facă uz de teoria electrică pentru a afla cum să-şi construiască acest aparat. Rezultatele măsurătorilor sale au dus la o rafinare a acelei teorii.

[11] René Dugas, *Histoire de la mécanique* (Neuchâtel, 1950), vol. IV—V.

De asemenea, oamenii care au proiectat experimente care să distingă între diferitele teorii ale căldurii prin comprimare erau în general aceiași care elaboraseră teoriile ce urmau să fie comparate. Ei operau atît cu faptul cît și cu teoria, și această activitate producea nu numai informație nouă dar și o paradigmă mai precisă, obținută prin eliminarea ambiguităților din versiunile inițiale. În numeroase științe, cea mai mare parte a cercetării normale este de acest tip.

Aceste trei clase de probleme — determinarea faptului semnificativ, potrivirea faptelor cu teoria și articularea teoriei — epuizează, după părerea mea, literatura științei normale, atît empirică cît și teoretică. Dar ele nu epuizează, firește, întreaga literatură științifică. Există de asemenea probleme extraordinare și s-ar putea ca tocmai soluționarea lor să facă din știință, ca atare, o întreprindere atît de remarcabilă. Dar problemele extraordinare nu apar cum ai bate din palme. Ele se ivesc numai în ocazii speciale, pregătite de dezvoltarea științei normale. Inevitabil, deci, majoritatea covîrșitoare a problemelor abordate chiar de cei mai buni oameni de știință revine de obicei uneia din cele trei categorii descrise mai sus. Activitatea bazată pe o paradigmă nu poate fi realizată altfel, iar a abandona paradigma înseamnă a înceta de a mai practica știința pe care ea o definește. Vom vedea în curînd că asemenea abandonări survin. Ele constituie pivoții în jurul cărora evoluează revoluțiile științifice. Dar înainte de a începe examinarea acestor revoluții, avem nevoie de o perspectivă mai largă asupra acelor preocupări ale științei normale care le pregătesc.

# IV. ȘTIINȚA NORMALĂ CA REZOLVARE DE PUZZLES*

Poate cea mai izbitoare trăsătură a problemelor cercetării normale este măsura foarte mică în care ele urmăresc să producă noutăți majore de ordin conceptual sau fenomenal. Uneori, cum este cazul unei măsurări a lungimii de undă, cu excepția celor mai esoterice detalii ale rezultatului, totul este cunoscut dinainte și numai marja obișnuită de așteptare este ceva mai largă. Măsurătorile lui Coulomb nu corespundeau neapărat legii pătratului invers; cei care studiau căldura prin compresiune se așteptau adesea la unul din cîteva rezultate posibile. Dar chiar în astfel de cazuri, aria rezultatelor anticipate, și deci asimilabile, era întotdeauna restrînsă în raport cu cea imaginabilă. Iar proiectul al cărui rezultat nu intră în această arie mai restrînsă este de obicei un eșec al cercetării care se răsfrînge asupra omului de știință și nu asupra naturii.

În secolul al optsprezecelea, de pildă, s-a acordat puțină atenție experimentelor care măsurau atracția electrică prin procedee ca balanța cu talere. Întrucît nu dădeau rezultate simple și nici consistente, ele nu puteau fi folosite în articularea paradigmei din care erau derivate. De aceea, ele au rămas *simple* fapte, necorelate și necorelabile cu progresul continuu al cercetării în electricitate. Numai retrospectiv,

---

* Termenul *puzzle*, absolut esențial în lucrare, pare să nu aibă un echivalent românesc pentru sensul pe care îl are în vedere autorul. De aceea, urmînd maniera generală a traducerilor științifice, am preferat să-l lăsăm în original. (N. editurii).

dispunînd de o paradigmă ulterioară, putem distinge caracteristicile lor. Coulomb și contemporanii săi dispuneau firește și ei de această din urmă paradigmă sau de una care, aplicată problemelor atracției, inducea aceleași așteptări. Acesta a fost motivul pentru care Coulomb a fost în stare să construiască un aparat care ducea la un rezultat asimilabil prin articularea paradigmei. Dar tot acesta a fost și motivul pentru care rezultatul nu a surprins pe nimeni, astfel încît cîțiva din contemporanii lui Coulomb au putut să-l prevadă dinainte. Chiar și proiectul al cărui scop este articularea paradigmei nu urmărește o noutate *neașteptată*.

Dar dacă scopul științei normale nu constă în noutăți majore, de sine stătătoare, dacă eșecul în a aproxima rezultatul anticipat este de obicei eșecul omului de știință, atunci de ce sînt totuși atacate aceste probleme? O parte a răspunsului a fost deja dată. Cel puțin pentru oamenii de știință, rezulatele obținute în cercetarea normală sînt semnificative, pentru că ele sporesc sfera și precizia aplicării unei paradigme. Acest răspuns nu poate explica însă entuziasmul și devotamentul pe care le manifestă oamenii de știință pentru problemele cercetării normale. Nimeni nu consacră ani de zile (să zicem) perfecționării unui spectrometru sau găsirii unei soluții mai bune la problema coardelor vibrante numai pentru importanța informației pe care o va obține. Informațiile obținute prin calcularea pozițiilor planetelor sau prin măsurări ulterioare cu un instrument existent sînt adesea la fel de semnificative, dar aceste activități sînt disprețuite (în mod curent) de către oamenii de știință pentru că sînt, într-o măsură considerabilă, simple repetări ale unor proceduri aplicate anterior. Această atitudine ne dă explicație asupra atracției pe care o prezintă problemele cercetării normale. Deși rezultatele lor pot fi anticipate, adesea atît de detaliat încît ceea ce rămîne de aflat devine, în sine, neinteresant, modul de a obține acele rezultate este extrem de nesigur. A rezolva o problemă de cercetare normală înseamnă a obține anticipatul într-un chip nou și, pentru aceasta, trebuie rezolvate tot felul de *puzzles* complexe, de natură instrumentală, conceptuală și matematică. Cel care reușește se dovedește a fi un expert în a rezolva *puzzles* și greutățile pe care acestea le ridică constituie pentru el un stimulent dintre cele mai importante.

Termenii de *puzzle* și „rezolvator de *puzzle*" (*Puzzle-solver*) scot în evidență cîteva din temele care s-au impus tot mai pregnant în paginile precedente. *Puzzles* sînt — în sensul întru totul uzual folosit aici — acea categorie specială de probleme care au menirea de a testa ingeniozitatea și îndemînarea în rezolvare. Exemplele date în dicționare sînt *jigsaw puzzle* și „cuvinte încrucișate" (*crosswords puzzle*), iar ceea ce trebuie să desprindem acum sînt tocmai caracteristicile pe care acestea le au în comun cu problemele științei normale. Una dintre ele a fost deja amintită. Calitatea unui *puzzle* nu rezidă nicidecum în importanța sau relevanța intrinsecă a soluției lui. Dimpotrivă, problemele într-adevăr presante, cum ar fi vindecarea cancerului sau planul unei păci durabile, nu sînt cîtuși de puțin *puzzles*, în mare măsură pentru că pot să nu aibă nici o soluție. Să luăm, de pildă, un *jigsaw puzzle* ale cărui piese sînt alese la întîmplare din două cutii diferite. Deoarece o astfel de problemă îi va depăși probabil (deși nu neapărat) chiar pe cei mai inventivi oameni, ea nu poate fi un test al capacității de rezolvare. În oricare din sensurile obișnuite, nu poate fi vorba aici de un *puzzle*. Dacă valoarea intrinsecă nu este un criteriu definitoriu al unui *puzzle*, existența garantată a unei soluții a lui este un astfel de criteriu.

Am văzut însă mai înainte că, odată cu asimilarea unei paradigme, o comunitate științifică dobîndește un criteriu de alegere a acelor probleme despre care, atîta vreme cît paradigma este admisă, se poate presupune că au o soluție. Într-o mare măsură, acestea sînt singurele probleme pe care comunitatea le va admite ca științifice sau îi va încuraja pe membrii ei să le abordeze. Alte probleme, inclusiv multe dintre cele care mai înainte fuseseră normale, sînt respinse ca fiind metafizice sau obiect al altei discipline sau, uneori, ca fiind pur și simplu prea problematice pentru a merita osteneală. În această privință, o paradigmă poate chiar izola comunitatea de acele probleme, socialmente importante, care nu pot fi reduse la formele de *puzzles*, deoarece ele nu pot fi formulate în termenii instrumentației conceptuale și experimentale furnizate de o paradigmă. Astfel de probleme pot constitui un exercițiu de virtuozitate așa cum au dovedit-o pregnant unele aspecte ale baconianismului secolului al șaptesprezecelea sau ale științelor sociale contemporane. Una din cauzele progresului atît

de rapid al științei normale este că practicienii ei se concentrează asupra unor probleme pe care numai propria lor lipsă de ingeniozitate i-ar putea împiedica să le rezolve.

Dacă însă problemele științei normale sînt *puzzles* în acest sens, nu mai este nevoie să ne întrebăm de ce oamenii de știință le atacă cu atîta pasiune și devotament. Un om poate fi atras spre știință din tot felul de motive. Printre ele: dorința de a fi util, chemarea de a explora teritorii noi, speranța de a descoperi o ordine și tendința de a testa cunoașterea existentă. Aceste motive, și altele, ne ajută de asemenea să determinăm problemele particulare în care el se va angaja mai tîrziu. Apoi, deși nu vor lipsi frustrări ocazionale, asemenea motive au șanse serioase mai întîi să-l conducă spre știință iar apoi să-l antreneze definitiv [1]. Întreprinderea științifică în ansamblu trebuie să se dovedească din cînd în cînd utilă, deschisă spre căi noi, indicînd ordine și testînd convingeri adînc înrădăcinate. Cu toate acestea, *individul* angajat într-o problemă de cercetare normală *nu face aproape niciodată vreunul din aceste lucruri*. Odată angajat într-o asemenea activitate, motivația sa este de un tip diferit. Ceea ce îl stimulează este convingerea că, dacă va fi suficient de iscusit, va reuși să rezolve un *puzzle* pe care nimeni înaintea lui nu l-a rezolvat sau nu l-a rezolvat atît de bine. Multe dintre cele mai strălucite minți științifice și-au dedicat întreaga atenție profesională unor asemenea *puzzles* solicitante. De multe ori, un domeniu particular de specializare nu oferă nimic altceva de făcut, ceea ce nu-l face să fie mai puțin fascinant pentru cel care i s-a dedicat.

Să trecem acum la un alt aspect, mai dificil și mai revelator, al paralelismului dintre *puzzles* și problemele științei normale. Pentru a fi un *puzzle*, o problemă trebuie să se distingă prin mai mult decît o soluție garantată. Trebuie să existe, de asemenea, reguli care limitează atît natura soluțiilor acceptabile cît și etapele prin care sînt obținute. A rezolva un *jigsaw puzzle* nu înseamnă, de pildă, numai „a forma o imagine". Copilul sau artistul contem-

[1] Frustrările provocate de conflictul dintre rolul individului și structura generală a dezvoltării științifice pot fi, însă, uneori extrem de serioase. A se vedea, pe această temă, **Lawrence S. Kubie**, „Some Unsolved Problems of the Scientific Career", *American Scientist* XLI (1953), 596–613; și XLII (1954), 104–112.

poran pot face acest lucru împrăştiind anumite piese, ca forme abstracte, pe un fond oarecare. Imaginea astfel obţinută poate fi mult mai bună şi va fi cu siguranţă mai originală decît cea care a stat la baza respectivului *puzzle*. Dar o asemenea imagine nu va fi o soluţie. Pentru a o obţine într-adevăr, trebuie utilizate toate piesele, feţele lor mate trebuie întoarse şi trebuie astfel angrenate, fără a le forţa, pînă cînd nu mai rămîne nici un loc gol. Acestea sînt cîteva din regulile care guvernează soluţiile unui *jigsaw puzzle*. La fel de uşor pot fi găsite restricţii similare asupra soluţiilor de şah etc.

Dacă putem accepta o utilizare mult mai largă a termenului „regulă" — prin care acesta poate fi uneori identificat cu „punct de vedere stabilit" sau cu „idee preconceputǎ" — ,atunci problemele accesibile unei anumite tradiţii de cercetare împărtăşesc o mare parte din aceste caracteristici ale unui *puzzle*. Cel care construieşte un instrument pentru determinarea lungimilor de unde optice nu poate fi satisfăcut de un aparat care nu face decît să atribuie anumite numere unor anumite linii spectrale. El nu este numai un explorator sau un măsurător. Dimpotrivă, analizîndu-şi aparatul în termenii sistemului admis al teoriei optice, el trebuie să arate că numerele produse de instrumentul său sînt cele pe care teoria le identifică ca lungimi de undă. Dacă unele impreciziuni ale teoriei sau vreun component, rămas neanalizat, al aparatului său îl împiedică să ducă la bun sfîrşit demonstraţia, colegii săi pot foarte bine să conchidă că el nu a măsurat nimic. De pildă, maximele împrăştierii electronilor, care au fost mai tîrziu diagnosticate drept indicatori ai lungimilor de undă ale electronului, nu aveau nici o semnificaţie aparentă cînd au fost observate şi înregistrate pentru prima oară. Înainte de a deveni măsuri a ceva, ele trebuiau să fie corelate cu o teorie care prevedea comportamentul de undă al materiei în mişcare. Şi chiar după ce această corelaţie a fost evidenţiată, aparatul trebuia reproiectat astfel încît rezultatele experimentale să poată fi corelate neechivoc cu o teorie [2]. Atît timp cît aceste condiţii nu au fost satisfăcute, nici o problemă nu a fost rezolvată.

---

[2] Pentru o scurtă relatare a evoluţiei acestor experimente, vezi pag. 4 a expunerii lui **C. J. Davisson**, în *Les prix Nobel en 1937*, Stockholm, 1938.

Tipuri similare de restricţii leagă soluţiile admisibile de probleme teoretice. De-a lungul secolului al optsprezecelea, oamenii de ştiinţă care au încercat să deducă mişcarea observată a Lunii din legile newtoniene ale mişcării şi gravitaţiei au eşuat permanent. Drept urmare, unii dintre ei au propus înlocuirea legii pătratului invers cu o lege care se abătea de la prima în cazul distanţelor mici. Aceasta ar fi însemnat însă schimbarea paradigmei, definirea unui nou *puzzle*, dar nicidecum rezolvarea celui vechi. În cele din urmă, oamenii de ştiinţă au menţinut legile, pînă cînd, în 1750, unul din ei a descoperit cum pot fi aplicate cu succes [3]. Numai o modificare a regulilor jocului ar fi putut oferi o alternativă.

Studiul tradiţiilor de ştiinţă normală dezvăluie numeroase reguli noi, iar acestea oferă numeroase informaţii despre opţiunile pe care paradigmele le impun oamenilor de ştiinţă. Care putem spune că sînt principalele categorii în care intră aceste reguli [4]? Cea mai evidentă şi probabil cea mai constrîngătoare este ilustrată de tipurile de generalizări pe care tocmai le-am notat. Acestea sînt enunţuri explicite de legi ştiinţifice şi de concepte şi teorii ştiinţifice. Atîta vreme cît sînt acceptate, enunţurile de acest fel contribuie la rezolvarea unor *puzzles* şi la restrîngerea soluţiilor admisibile. Legile lui Newton, de pildă, au îndeplinit asemenea funcţii în cursul secolelor 18 şi 19; şi atîta vreme cît au jucat acest rol, cantitatea de materie a fost o categorie ontologică fundamentală pentru fizicieni, iar forţele care acţionează între părţile de materie au constituit o temă dominantă de cercetare [5]. În chimie, legile proporţiilor fixe şi determinate au exercitat multă vreme o influenţă întru totul asemănătoare, punînd problema greutăţilor atomice, delimitînd rezultatele admisibile ale analizelor chimice şi informîndu-i pe chimişti despre ce ar fi atomii şi moleculele, compuşii şi amestecurile [6]. Ecuaţiile lui Maxwell şi legile termodinamicii statistice au astăzi aceeaşi autoritate şi funcţie.

---

[3] W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev ed.., London, 1847), II, 101—105, 220—222.

[4] Datorez această întrebare lui W. O. Hagstrom, a cărui operă în sociologia ştiinţei se suprapune uneori cu a mea.

[5] Pentru aceste aspecte ale newtonianismului, vezi I. B. Cohen, *op. cit.*, cap. VII, mai ales pp. 255—257, 275—277.

[6] Acest exemplu este discutat pe larg spre sfîrşitul capitolului X.

Regulile de acest gen nu sînt însă nici singurele şi nici măcar cele mai interesante dintre cele scoase la iveală de studiul istoric. La un nivel inferior sau mai concret decît cel al legilor şi teoriilor există, de pildă, o multitudine de preferinţe faţă de tipuri de instrumentaţie şi faţă de moduri în care instrumentele acceptate pot fi adecvat folosite. Schimbarea atitudinii faţă de rolul focului în analizele chimice a avut o însemnătate vitală în dezvoltarea chimiei din secolul al şaptesprezecelea [7]. Peste două secole, ideea lui Helmholtz că experimentarea fizică poate face lumină în domeniul lor a întîmpinat o puternică rezistenţă din partea fiziologilor [8]. Iar în secolul nostru, curioasa istorie a cromatografiei chimice ilustrează din nou rezistenţa opţiunilor instrumentale care, asemenea legilor şi teoriilor, furnizează oamenilor de ştiinţă regulile jocului [9]. Dacă am analiza descoperirea razelor X, am afla temeiurile unor astfel de opţiuni.

Caracteristici ale ştiinţei, mai puţin locale şi temporare dar nicidecum imuabile, sînt opţiunile de un nivel mai înalt, quasi-metafizice* pe care studiul istoric le evidenţiază atît de frecvent. Cam după 1630, de exemplu, şi mai ales după apariţia extrem de influentelor opere ştiinţifice ale lui Descartes, majoritatea fizicienilor a presupus că universul ar fi compus din corpusculi microscopici şi că toate fenomenele naturale ar putea fi explicate prin forma, mărimea, mişcarea şi interacţiunea corpusculilor. Această serie de opţiuni s-a dovedit a fi atît metafizică cît şi metodologică. Din punct de vedere metafizic, ea indica oamenilor de ştiinţă tipurile de entităţi pe care le conţine sau nu universul : există numai materie, configurată, în mişcare. Din punct de vedere metodologic, ea le indica cum trebuie să arate legile şi explicaţiile fundamentale : legile trebuie să specifice mişcarea şi interacţiunea corpusculară, iar

---

[7] **H. Metzger**, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle* (Paris, 1923), pp. 359—361 ; **Marie Boas**, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), pp. 112—115.

[8] **Leo Königsberger**, *Hermann von Helmholtz*, trad. Francis A. Welby (Oxford, 1906), pp. 65—66.

[9] **James E. Meinhard**, „Chromatography : A Perspective", *Science*, CX (1949), 387—392.

* „Metafizic", la T. S. Kuhn ca şi la mulţi alţi autori occidentali, nu înseamnă „opus dialecticii", ci pur şi simplu „filosofic". (N. editurii).

explicațiile trebuie să reducă orice fenomen natural dat la acțiunea corpusculară supusă acestor legi. Încă mai important: concepția corpusculară a universului le spunea oamenilor de știință care ar putea să fie multe din problemele lor de cercetare. De pildă, un chimist care — asemenea lui Boyle — adopta noua filozofie, acorda o atenție deosebită reacțiilor care puteau fi concepute ca transmutații. Mai clar decît celelalte, acestea dezvăluiau procesul rearanjării corpusculare care ar trebui să stea la baza oricărei transformări chimice [10]. Efecte asemănătoare ale corpuscularismului pot fi remarcate în studiul mecanicii, opticii și căldurii.

În sfîrșit, la un nivel și mai înalt, există o altă clasă de opțiuni, fără de care nimeni nu poate fi om de știință. Omul de știință trebuie, de pildă, să fie preocupat să înțeleagă lumea și să extindă precizia formulărilor și sfera în care a fost introdusă o anumită ordine. Această opțiune, la rîndul ei, trebuie să-l îndemne să examineze (singur sau cu ajutorul colegilor) anumite aspecte ale naturii pînă la cele mai mici detalii empirice. Iar dacă o astfel de examinare îi dezvăluie porțiuni de aparentă dezordine, atunci aceasta trebuie să-l oblige la o perfecționare a tehnicilor sale observaționale sau la o articulare mai deplină a teoriilor sale. Mai există, fără îndoială, și alte asemenea reguli, valabile pentru oamenii de știință din toate vremurile.

Existența unor puternice rețele de opțiuni — conceptuale, teoretice, instrumentale și metodologice — este o sursă principală a metaforei care leagă știința normală de rezolvarea unor *puzzles*. Întrucît ele produc regulile care-i spun practicianului unei discipline mature cum arată lumea și știința despre lume, el se poate concentra, cu încredere, asupra problemelor esoterice pe care i le circumscriu aceste reguli și cunoașterea existentă. Lui personal îi rămîne să rezolve acel *puzzle* astfel delimitat. În acest sens, ca și în altele, o examinare a acestor *puzzles* și reguli clarifică natura practicii științifice normale. Într-un alt sens însă, o astfel de clarificare poate fi, în mod semnificativ, eronată. Deși există evident reguli la care aderă, la un

---

[10] Despre concepția corpusculară, în general, vezi Marie Boas, „The Establishment of the Mechanical Philosophy", *Osiris* X (1952), 412—541. În privința efectelor sale asupra chimiei lui Boyle, vezi T. S. Kuhn „Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century", *Isis*, XLIII (1952), 12—36.

moment dat, toţi practicienii unei discipline ştiinţifice, aceste reguli pot să nu specifice, prin ele însele tot ce este comun practicii acelor specialişti. Ştiinţa normală este o activitate considerabil determinată, dar ea nu este neapărat determinată, în întregime, de reguli. Iată de ce, la începutul acestui eseu, am introdus ca sursă a coerenţei tradiţiilor de cercetare normală mai degrabă paradigme comune decît reguli, presupoziţii şi puncte de vedere comune. Regulile, după părerea mea, derivă din paradigme, dar paradigmele pot ghida cercetarea chiar în lipsa regulilor.

# V. PRIORITATEA PARADIGMELOR

Pentru a descoperi relaţia dintre reguli, paradigme şi ştiinţa normală, să considerăm mai întîi felul în care istoricul delimitează sferele particulare de angajare, pe care le-am definit anterior ca reguli acceptate. Investigaţia istorică minuţioasă a unei discipline date, la un moment dat, dezvăluie o mulţime de ilustrări repetate şi quasi-standard ale diferitelor teorii în aplicaţiile lor conceptuale, observaţionale şi instrumentale. Acestea sînt paradigmele respectivei comunităţi ştiinţifice, aşa cum apar în manualele, cursurile şi exerciţiile ei de laborator. Studiindu-le şi operînd cu ele, membrii comunităţii respective îşi învaţă meseria. Istoricul va descoperi fireşte şi o zonă de penumbră, populată de realizări al căror statut este încă îndoielnic; dar nucleul problemelor rezolvate şi al tehnicilor aplicate va fi de obicei clar. În ciuda unor ambiguităţi ocazionale, paradigmele unei comunităţi ştiinţifice mature pot fi determinate relativ uşor.

Identificarea paradigmelor comune nu înseamnă, însă, identificarea regulilor comune. Pentru aceasta este nevoie de un al doilea demers, oarecum diferit. Ca să-l efectueze, istoricul trebuie să compare paradigmele comunităţii între ele, precum şi cu rapoartele curente de cercetare. Procedînd astfel, obiectivul său este de a descoperi care elemente izolabile, explicite sau implicite, au putut fi *abstrase*, de către membrii acelei comunităţi, din paradigmele lor mai cuprinzătoare, şi aplicate ca reguli în cercetare.

Oricine a încercat să descrie sau să analizeze evoluția unei anumite tradiții științifice va fi căutat neapărat astfel de reguli și principii acceptate. Aproape sigur (cum reiese din secțiunea precedentă), el va fi reușit, cel puțin în parte, în această întreprindere. Dar, dacă experiența sa s-a apropiat cît de puțin de a mea, el își va fi dat seama că investigarea regulilor este nu numai mai dificilă, dar și mai puțin satisfăcătoare decît investigarea paradigmelor. Unele din generalizările folosite pentru descrierea convingerilor împărtășite de acea comunitate nu prezintă nici o problemă. Altele, însă, inclusiv unele din cele exemplificate mai sus, vor părea prea voalate. Formulate în acest fel, sau în oricare altul, ele ar fi aproape sigur respinse de unii membri ai grupului studiat. Totuși, dacă coerența unei tradiții de cercetare urmează să fie înțeleasă în termeni de reguli, sînt necesare unele specificări ale unei baze comune în domeniul respectiv. Ca urmare, investigarea unei clase de reguli capabile să constituie o anumită tradiție de cercetare normală devine o sursă de frustrări permanente și profunde.

Recunoașterea acestei frustrări face însă posibilă diagnosticarea sursei ei. Oamenii de știință pot fi de acord că în Newton, Lavoisier, Maxwell sau Einstein au oferit soluții aparent permanente pentru un grup de probleme evidente, dar pot totuși să nu fie de acord, uneori fără să-și dea seama, asupra acelor caracteristici marcante abstracte care fac ca aceste soluții să fe permanente. Ei pot, cu alte cuvinte, să fie de acord în *identificarea* unei paradigme, fără să fie de acord asupra unei *interpretări* sau *raționalizări* depline a ei și fără să încerce măcar să ofere astfel de interpretări sau raționalizări. Lipsa unei interpretări standard sau a unei reduceri, acceptate, la reguli nu va împiedica însă o paradigmă să ghideze cercetarea. Știința normală poate fi determinată, în parte, prin examinarea directă a paradigmelor, procedură ce este adesea facilitată — deși nu depinde — de formularea regulilor și presupozițiilor. Într-adevăr, existența unei paradigme nici măcar nu implică existența vreunei mulțimi complete de reguli [1].

---

[1] Michael Polanyi a elaborat strălucit o idee foarte asemănătoare, argumentînd că o mare parte din reușita omului de știință depinde de o „cunoaștere tacită", adică de o cunoaștere dobîndită prin practică și care nu poate fi articulată explicit. Vezi lucrarea sa *Personal Knowledge* (Chicago, 1958), mai ales cap. V și VI.

Inevitabil, primul efect al acestor afirmații este că ridică probleme. În lipsa unei mulțimi suficiente de reguli, ce factori îl vor determina pe omul de știință să urmeze o anumită tradiție de știință normală? Ce poate să însemne expresia „examinare directă a paradigmelor"? Răspunsuri parțiale la asemenea întrebări au fost elaborate, deși într-un context cu totul diferit, de Ludwig Wittgenstein. Întrucît acel context este mai elementar și mai familiar, va fi util să considerăm mai întîi modul în care argumentează el. Ce trebuie să știm, se întreba Wittgenstein, pentru a putea folosi, în mod exact și fără a isca controverse, termeni ca „scaun", „frunză" sau „joc"?[2]

Această întrebare este foarte veche. Răspunsul, în general, este că trebuie să știm, conștient sau intuitiv, ce *este* un scaun, o frunză sau un joc. Adică, trebuie să surprindem o mulțime de atribute pe care le au toate jocurile, și numai ele. Wittgenstein era însă de părere că, dat fiind felul în care folosim limbajul și tipul de lume la care îl aplicăm, nu trebuie să existe nici o astfel de mulțime de atribute. Deși o discuție asupra *unora* din atributele împărtășite de un *număr* de jocuri, sau scaune, sau frunze, ne poate ajuta adesea să învățăm cum să folosim termenul respectiv, nu există nici o mulțime de caracteristici care să fie simultan aplicabilă tuturor membrilor clasei și numai lor. În schimb, în fața unei activități pînă atunci neobservate, folosim termenul „joc" pentru că ceea ce vedem are o mare „asemănare de familie" cu un număr de activități pe care am învățat în prealabil să le numim cu acest nume. Așadar, pentru Wittgenstein, jocurile, scaunele și frunzele sînt familii naturale, fiecare fiind constituită de o rețea de asemănări care se suprapun și se încrucișează. Existența unei asemenea rețele explică în măsură suficientă reușita noastră în identificarea obiectului sau activității corespunzătoare. Numai dacă familiile pe care le-am numit se suprapun și fuzionează treptat una cu alta — deci, numai dacă nu ar exista nici o familie *naturală* — reușita noastră în identificare și denumire ar fi o dovadă în favoarea unei

---

[2] Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, trad. G.E.M. Anscombe (New York, 1953), pp. 31—36. Wittgenstein nu spune însă aproape nimic despre tipul de lume care trebuie să susțină procedura de denumire pe care el o schițează. În consecință, o parte din ceea ce urmează nu i se poate atribui.

mulțimi de caracteristici comune, corespunzînd fiecăruia dintre numele de clase pe care le folosim.

Ceva asemănător ar putea foarte bine să fie valabil și în cazul diferitelor probleme și tehnici de cercetare care apar în cadrul unei singure tradiții științifice normale. Ceea ce au acestea în comun nu este satisfacerea vreunei mulțimi explicite sau chiar integral cunoscute de reguli și presupoziții care conferă acelei tradiții caracterul ei, ca și influența pe care o are asupra intelectului științific. În schimb, ele se pot înrudi prin asemănare și prin modelare cu o parte sau alta a edificiului științific pe care comunitatea respectivă îl recunoaște deja printre realizările ei consacrate. Oamenii de știință lucrează după modele dobîndite prin educație și prin asimilarea ulterioară a literaturii de specialitate, adesea neștiind și neavînd nevoie să știe ce caracteristici au conferit acestor modele statutul de paradigme ale comunității. Din această cauză, ei nu au nevoie de vreo mulțime completă de reguli. Coerența manifestată de tradiția de cercetare la care participă poate chiar să nu implice existența unei mulțimi subiacente de reguli și presupoziții care ar putea fi descoperită de investigații istorice sau filozofice ulterioare. Faptul că de obicei oamenii de știință nu chestionează sau dezbat legitimitatea unei anumite probleme sau soluții ne îndeamnă să presupunem că, cel puțin intuitiv, ei cunosc răspunsul. Dar s-ar putea ca acest fapt să indice numai că nici întrebarea și nici răspunsul nu sînt considerate relevante pentru cercetarea lor. Paradigmele pot fi anterioare, mai constrîngătoare și mai complete decît orice mulțime de reguli pentru cercetare, care ar putea fi în mod echivoc abstrasă din ele.

Pînă acum, această idee a fost întru totul teoretică: paradigmele *pot* determina știința normală fără intervenția unor reguli reperabile. Voi încerca acum să sporesc claritatea și importanța ei, indicînd cîteva motive care mă îndeamnă că cred că paradigmele operează într-adevăr în acest fel. Primul, discutat deja pe larg, constă în dificultatea extremă de a descoperi regulile care au ghidat tradiții particulare de știință normală. Această dificultate este foarte asemănătoare cu cea întîmpinată de filozof atunci cînd încearcă să identifice ce au în comun toate jocurile. Al doilea, în raport cu care primul este de fapt un corolar, este intrinsec naturii educației științifice. Ar trebui să fie

limpede că oamenii de știință nu învață niciodată concepte, legi și teorii în mod abstract și în sine. Mai degrabă, aceste instrumente intelectuale sînt de la început întîlnite într-o unitate, istoric și pedagogic anterioară, care le dezvăluie odată cu și prin aplicațiile lor. O nouă teorie este totdeauna prezentată împreună cu aplicațiile ei într-un domeniu concret de fenomene naturale; fără ele, ea nu ar fi nici măcar un candidat la acceptare. După ce a fost acceptată, aceleași aplicații sau altele însoțesc teoria în manualele din care viitorul om de știință își va învăța meseria. Aplicațiile nu apar în manuale ca simple variații sau ca documentare. Dimpotrivă, procesul învățării unei teorii depinde de studiul aplicațiilor, inclusiv practica rezolvării problemelor, atît cu creionul și hîrtia cît și cu instrumentele de laborator. Dacă, de pildă, studentul în dinamica newtoniană descoperă vreodată semnificația unor termeni ca „forță", „masă", „spațiu" și „timp", aceasta se datorește mai puțin definițiilor incomplete, deși uneori utile, din manual cît observării și participării la aplicarea acestor concepte în rezolvarea problemelor.

Procesul de învățare directă, „văzînd și făcînd", continuă de-a lungul întregii inițieri profesionale. Pe măsură ce studentul avansează de la cursurile din primul an spre disertația de doctorat, problemele ce-i sînt date devin mai complexe și mai lipsite de precedente. Dar ele continuă să fie fidel modelate după rezultate anterioare, la fel cum vor fi și problemele pe care le va aborda, în mod normal, în cursul viitoarei sale cariere științifice independente. Se poate presupune că undeva, pe parcurs, omul de știință a abstras intuitiv, pentru sine, regulile jocului, deși sînt puține temeiuri să credem acest lucru. Deși mulți oameni de știință vorbesc ușor și bine despre anumite ipoteze individuale care stau la baza unei anumite cercetări curente, ei nu sînt mult superiori profanilor cînd este vorba de a caracteriza fundamentele domeniului lor, problemele și metodele lui legitime. Dacă totuși au asimilat astfel de abstracții, ei o dovedesc mai ales prin capacitatea lor de a reuși în cercetare. Această capacitate poate fi însă înțeleasă fără a recurge la niște reguli ipotetice ale jocului.

o Consecințele educației științifice au o reciprocă care oferă un al treilea temei de a presupune că paradigmele ghidează cercetarea prin modelare directă, ca și prin reguli abstrase. Știința normală poate funcționa fără

reguli numai atîta vreme cît comunitatea ştiinţifică acceptă fără întrebări soluţiile, deja obţinute, la probleme particulare. Regulile ar trebui deci să capete importanţă, iar indiferenţa caracteristică faţă de ele ar trebui să dispară ori de cîte ori paradigmele sau modelele sînt considerate nesigure. Este, dealtfel, ceea ce se şi întîmplă. În particular, perioada dinaintea unei paradigme este regulat marcată de controverse frecvente şi serioase asupra metodelor, problemelor şi criteriilor legitime de rezolvare, deşi acestea contribuie mai degrabă la delimitarea şcolilor decît la realizarea unui acord. Am menţionat cîteva asemenea controverse în optică şi electricitate; ele au jucat un rol chiar mai important în dezvoltarea chimiei din secolul al şaptesprezecelea şi a geologiei de la începutul secolului al nouăsprezecelea [3]. Mai mult, asemenea controverse nu dispar definitiv la apariţia unei paradigme. Deşi aproape inexistente în perioadele de cercetare normală, ele reapar regulat exact înaintea şi în cursul revoluţiilor ştiinţifice, perioade în care paradigmele sînt mai întîi atacate şi apoi schimbate. Tranziţia de la mecanica newtoniană la cea cuantică a stîrnit numeroase controverse atît asupra naturii cît şi asupra criteriilor fizicii — controverse care mai continuă încă [4]. Există încă oameni în viaţă care îşi pot aminti confruntările similare generate de teoria electromagnetică a lui Maxwell şi de mecanica statistică [5]. Şi chiar mai devreme, asimilarea mecanicii lui Galilei şi Newton a generat o serie de polemici celebre cu aristotelicieni, cartezieni şi leibnizieni în privinţa metodelor legitime ale ştiinţei [6].

---

[3] Pentru chimie, vezi **H. Metzger**, *op. cit.*, pp. 24—27, 146—149; şi **Marie Boas**, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), cap. II. Pentru geologie, vezi **Walter F. Cannon**, „The Uniformitarian-Catastrophist Debate", *Isis*, LI (1960), 38—55; şi **C. C. Gillispie**, *Genesis and Geology* (Cambridge, Mass, 1951), cap. IV—V.

[4] Pentru controversele privind mecanica cuantică, vezi **Jean Ullmo**, *La crise de la physique quantique* (Paris, 1950), cap. II.

[5] Pentru mecanica statistică, vezi **René Dugas**, *La théorie physique au sens de Bolzmann et ses prolongements modernes* (Neuchâtel, 1959), pp. 158—184, 206—219. Relativ la primirea făcută operei lui Maxwell, vezi **Max Planck**, „Maxwell's Influence in Germany", în **James Clerk Maxwell**, *A Commemoration Volume*, 1831—1931 (Cambridge, 1931), pp. 45—65, mai ales pp. 58—63; şi **Sylvanus P. Thompson**, *The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), II, 1021—1027.

[6] Pentru un exemplu al luptei cu aristotelicienii, vezi **A Koyré**, „A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton",

Cînd oamenii de știință nu sînt de acord în privința rezolvării problemelor fundamentale ale domeniului lor, examinarea regulilor dobîndește o însemnătate pe care nu o are de obicei. Atîta vreme, însă, cît paradigmele sînt trainice, ele pot funcționa fără vreun acord asupra raționalizării regulilor sau chiar fără nici o încercare de raționalizare a lor.

o Un al patrulea temei ce conferă paradigmelor un statut anterior celui al regulilor și presupozițiilor comune va fi discutat în încheierea acestei secțiuni. În introducerea la acest eseu, arătam că pot exista atît revoluții mici cît și revoluții mari, că unele afectează numai membrii unei subspecialități științifice și că pentru asemenea grupuri, chiar și descoperirea unui fenomen nou și neașteptat poate fi revoluționară. Următoarea secțiune va prezenta anumite revoluții de acest fel. Este încă prea puțin clar cum de ele pot exista. Dacă știința normală este într-atît de rigidă și dacă comunitățile științifice sînt atît de strîns unite, cum lasă să se înțeleagă cele spuse anterior, cum poate o schimbare de paradigmă să afecteze vreodată numai un mic subgrup? Ceea ce am spus pînă acum ar putea să sugereze că știința normală este o întreprindere unică, monolită și unificată, care rezistă sau cade împreună cu oricare din paradigmele ei sau cu toate laolaltă. Dar este evident că știința nu arată (decît rareori sau niciodată) astfel. Adesea, considerînd toate domeniile laolaltă, ea pare mai degrabă o structură cam șubredă, cu o slabă coerență între diversele ei părți. Nimic din cele spuse pînă acum nu contrazice această observație foarte familiară. Dimpotrivă, substituind paradigmele regulilor, vom înțelege mai ușor diversitatea domeniilor și specialităților științifice. Spre deosebire de paradigmă, regulile explicite (atunci cînd există) sînt de obicei comune unui grup științific foarte larg. Practicienii unor domenii foarte diferite, de pildă, astronomia și botanica taxonomică, sînt educați prin contactul cu realizări întru totul diferite, descrise în cărți foarte diferite. Și chiar cei care, fiind în aceleași domenii sau în unele foarte apropiate,

---

*Transactions of the American Philosophical Society*, XLV (1955), 329–395. Pentru dezbaterile cu cartezienii și cu leibnizienii, vezi **Pierre Brunet**, *L'introduction des théories de Newton en France en XVIII^e siècle* (Paris, 1931); și **A. Koyré**, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Baltimore, 1957), cap. XI.

încep prin a studia aceleaşi cărţi şi rezultate pot ajunge să asimileze, în cursul specializării profesionale, paradigme cu totul diferite.

Să luăm numai un singur exemplu: comunitatea foarte largă şi diversă a fizicienilor. Astăzi, fiecare membru al acestui grup învaţă legile mecanicii cuantice, de pildă, şi cei mai mulţi dintre ei le aplică la un moment dat în cercetare sau predare. Dar nu toţi învaţă aceleaşi aplicaţii ale acestor legi şi nu sînt deci toţi afectaţi în acelaşi fel de schimbările survenite în practica mecanicii cuantice. În cursul specializării lor profesionale, unii fizicieni fac cunoştinţă doar cu principiile fundamentale ale mecanicii cuantice. Alţii studiază în detaliu aplicaţiile paradigmatice ale acestor principii în chimie, iar alţii în fizica solidului ş.a.m.d. Pentru fiecare, înţelesul mecanicii cuantice depinde de cursurile pe care le-a urmat, de manualele pe care le-a citit şi de revistele pe care le studiază. De aici rezultă că, deşi o schimbare în legile mecanicii cuantice va fi revoluţionară pentru toate aceste grupuri, o schimbare care vizează numai una sau alta din aplicaţiile paradigmei mecanicii cuantice va fi revoluţionară numai pentru membrii unei anumite subspecialităţi. Pentru restul profesiunii şi pentru cei care practică alte ştiinţe fizice, această schimbare poate să nu fie deloc revoluţionară. Pe scurt, deşi mecanica cuantică (sau dinamica newtoniană, sau teoria electromagnetică) este o paradigmă pentru multe grupuri ştiinţifice, ea nu este aceeaşi paradigmă pentru toate. Ea poate deci determina simultan mai multe tradiţii de ştiinţă normală care coincid în parte, fără a fi coextensive. O revoluţie produsă într-una din aceste tradiţii nu se va extinde neapărat şi asupra celorlalte.

O scurtă ilustrare a efectelor specializării poate întări ideile de mai sus. Un cercetător care nădăjduia să afle ceva despre modul în care înţeleg oamenii de ştiinţă teoria atomică a întrebat pe un distins fizician şi pe un eminent chimist dacă un singur atom de heliu este sau nu este o moleculă. Amîndoi au răspuns fără să ezite, dar răspunsurile lor nu au coincis. Pentru chimist, atomul de heliu era o moleculă, întrucît se comportă ca atare în lumina teoriei cinetice a gazelor. Pentru fizician, însă, atomul de heliu nu este o moleculă, pentru că nu indică nici un spec-

tru molecular [7]. Probabil că amîndoi vorbeau despre aceeași particulă, dar o vedeau prin prisma propriei lor pregătiri și practici de cercetare. Experiența pe care o aveau în rezolvarea problemelor le spunea ce trebuie să fie o moleculă. Experiențele lor aveau, fără îndoială, o mare parte comună, dar, în acest caz, ele nu le spuneau același lucru. În cele ce urmează, vom vedea cît de importante pot fi uneori asemenea diferențe de paradigmă.

[7] Cercetătorul era James K. Senior, căruia îi sînt îndatorat pentru o relatare verbală. Unele probleme înrudite sînt tratate în articolul său „The Vernacular of the Laboratory", *Philosophy of Science*, XXV (1958), 163–168.

# VI. ANOMALIA ŞI EMERGENŢA DESCOPERIRILOR ŞTIINŢIFICE

Ştiinţa normală, activitatea rezolvării de *puzzles* pe care tocmai am examinat-o, este o întreprindere într-o mare măsură cumulativă, extrem de eficientă în obţinerea rezultatelor, sporind constant aria de cuprindere şi precizia cunoaşterii ştiinţifice. În toate aceste privinţe, ea corespunde, cu mare fidelitate, celei mai obişnuite imagini despre munca ştiinţifică. Totuşi, un produs uzual al întreprinderii ştiinţifice lipseşte. Ştiinţa normală nu vizează noutăţi factuale sau teoretice, iar reuşita ei constă în a nu găsi nici una dintre ele. Dar cercetarea ştiinţifică descoperă neîncetat fenomene noi şi nebănuite, iar oamenii de ştiinţă inventează din cînd în cînd teorii radical noi. Istoria arată chiar că întreprinderea ştiinţifică a dezvoltat o metodă extrem de puternică pentru a produce astfel de surprize. Dacă această trăsătură a ştiinţei trebuie împăcată cu altele, discutate mai sus, atunci cercetarea din cadrul unei paradigme trebuie să fie o cale deosebit de eficientă pentru a produce schimbarea ei. Este ceea ce fac noutăţile fundamentale factuale şi teoretice. Produse inadvertent de către un joc jucat potrivit unor anumite reguli, asimilarea lor solicită elaborarea altor reguli. Iar după ce au devenit părţi ale ştiinţei, întreprinderea ştiinţifică (cel puţin, a acelor specialişti în al căror domeniu au apărut noutăţile) nu mai este niciodată ceea ce a fost.

Trebuie să ne întrebăm acum, cum pot surveni asemenea schimbări, considerînd mai întîi descoperirile sau

noutățile factuale și apoi invențiile sau noutățile teoretice. Această distincție între descoperire și invenție sau între fapt și teorie se va dovedi însă, foarte curînd, mult prea artificială. Artificialitatea ei este o cheie importantă pentru înțelegerea cîtorva din tezele principale ale acestui eseu. Examinînd, în continuare, anumite descoperiri vom observa imediat că ele nu sînt evenimente izolate, ci episoade îndelungate, cu o structură care reapare regulat. Descoperirea începe prin conștientizarea unei anomalii, adică prin recunoașterea faptului că natura a înșelat oarecum așteptările induse de paradigma care guvernează știința normală. Ea continuă apoi cu explorarea mai mult sau mai puțin amplă a zonei anomaliei și se încheie numai atunci cînd teoria paradigmă a fost astfel ajustată încît ceea ce era anomalie a devenit un fapt așteptat. Asimilarea unui nou tip de fapt necesită mai mult decît o ajustare suplimentară a teoriei; dar pînă cînd această ajustare nu este dusă la bun sfîrșit, adică, pînă cînd omul de știință nu a învățat să vadă natura într-un chip diferit, noul fapt nu este cîtuși de puțin un fapt științific.

Pentru a vedea cît de strîns împletite sînt noutățile factuale și teoretice în țesătura descoperirii științifice, să examinăm un exemplu celebru, descoperirea oxigenului. Cel puțin trei oameni și-o revendică în mod legitim, iar alți cîțiva chimiști (pe la începutul anilor 1770) vor fi îmbogățit, fără să știe, aerul dintr-un recipient de laborator [1]. Progresul științei normale, în acest caz al chimiei pneumatice, a pregătit cu conștiinciozitate toate premisele unei breșe. Primul care a pretins că a preparat o mostră pură de oxigen a fost farmacistul suedez C. W. Scheele. Opera sa poate fi totuși ignorată întrucît nu a fost publicată decît după ce descoperirea oxigenului fusese în repetate

[1] Pentru discuția încă clasică a descoperirii oxigenului, vezi A. N. Meldrum, *The Eighteenth Century Revolution in Science — the First Phase* (Calcutta, 1930), cap. V. O recentă și indispensabilă trecere în revistă, incluzînd o relatare a controversei priorităților, este cea a lui Maurice Daumas, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur* (Paris, 1955), cap. II—III. Pentru o relatare și bibliografie mai amplă, vezi de asemenea T. S. Kuhn, „The Historical Structure of Scientific Discovery", *Science*, CXXXVI (June 1, 1962), 760—764.

rînduri anunțată de alții, astfel încît ea nu are nici un efect asupra structurii istorice care ne interesează [2].

Al doilea (în timp) care a emis aceleași pretenții a fost savantul și teologul britanic Joseph Priestley, care a colectat separat gazul eliberat de oxidul roșu de mercur încălzit în cursul unei îndelungate investigații normale a „aerului" degajat de un mare număr de substanțe solide. În 1774 el a identificat gazul astfel produs ca oxid de azot, iar în 1775, în urma altor teste, ca aer obișnuit, dar avînd o cantitate subnormală de flogistic. Al treilea pretendent, Lavoisier, și-a început cercetarea care l-a condus spre oxigen după experiențele lui Priestley din 1774 și poate ca urmare a unei sugestii a lui Priestley. La începutul anului 1775, Lavoisier relata că gazul obținut prin încălzirea oxidului roșu de mercur era „aer însuși, în întregime, fără vreo alterare [numai că] ... iese mai pur, mai respirabil"[3]. Prin 1777, probabil pe baza unei alte metode a lui Priestley, Lavoisier conchidea că gazul era o specie distinctă, unul din cei doi constituenți principali ai atmosferei, o concluzie pe care Priestley nu a putut s-o accepte niciodată.

Această structură a descoperirii ridică o întrebare care poate fi pusă în legătură cu orice fenomen nou care a intrat vreodată în conștiința oamenilor de știință. Cine a descoperit primul oxigenul? Priestley sau Lavoisier, dacă este vorba într-adevăr de unul dintre ei? Și, în orice caz, cînd a fost descoperit oxigenul? În această formă, întrebarea poate fi pusă chiar dacă ar fi existat un singur pretendent la descoperire. Considerat ca o tranșare a priorității și datei, răspunsul nu ne interesează cîtuși de puțin. Totuși, o încercare de a da un răspuns va clarifica natura descoperirii, deoarece vreun asemenea răspuns nu poate fi găsit. Această întrebare este improprie pentru tipul de proces care este descoperirea. Faptul că ea este pusă — prioritatea descoperirii oxigenului fiind în repetate rînduri contestată, începînd din 1780 — dovedește că

---

[2] Vezi, însă, **Uno Bocklund**, „A Lost Letter from Scheele to Lavoisier", *Lychnos*, 1957—1958, pp. 39—62, pentru o evaluare diferită a rolului lui Scheele.

[3] **J. B. Conant**, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775—1789* („Harvard Case Histories in Experimental Science"; Case 2; Cambridge, Mass., 1950), p. 23. Această broșură foarte utilă reproduce multe documente relevante.

ceva nu este în regulă cu imaginea despre știință care conferă descoperirii un rol atît de fundamental. Să examinăm încă o dată exemplul nostru. Revendicarea de către Priestley a descoperirii oxigenului se întemeiază pe prioritatea sa în a izola un gaz care, mai tîrziu, a fost recunoscut ca o specie distinctă. Dar eșantionul de gaz al lui Priestley nu era pur, iar dacă a obține oxigen impur înseamnă a-l descoperi, atunci oxigenul a fost descoperit de către oricine a îmbuteliat vreodată aer din atmosferă. Apoi, dacă Priestley a fost descoperitorul, cînd a fost făcută descoperirea? În 1774, el credea că a obținut oxid de azot, gaz pe care-l cunoștea deja; în 1775, a crezut că este vorba de aer deflogisticat, care nu este încă oxigen sau un gaz cu totul neașteptat, cel puțin pentru adepții chimiei flogisticului. Prioritatea revendicată de Lavoisier pare mai întemeiată, dar ea ridică aceleași probleme. Dacă îi refuzăm premiul lui Priestley, nu i-l putem decerna lui Lavoisier pentru cercetările din 1775 care l-au condus la identificarea gazului ca fiind „în întregime aer". Ar trebui poate să așteptăm cercetările din 1776 și 1777, în urma cărora Lavoisier a fost în stare nu numai să observe gazul dar să stabilească și despre ce gaz este vorba. Dar chiar și în acest caz, decernarea premiului ar putea fi pusă la îndoială, întrucît în 1777 și pînă la sfîrșitul vieții sale, Lavoisier a rămas convins că oxigenul era un „principiu (atomic) de aciditate" și că gazul oxigen se forma numai atunci cînd acest „principiu" se unea cu caloricul, substanța căldurii [4]. Vom spune atunci că oxigenul nu fusese încă descoperit în 1777? Unii ar fi înclinați să răspundă afirmativ. Dar principiul acidității nu a fost alungat din chimie decît după 1810, iar caloricul a mai zăbovit pînă prin anii 1860. Oxigenul devenise însă o substanță chimică standard înaintea ambelor acestor date.

Este limpede că avem nevoie de un nou vocabular și de noi concepte pentru a analiza evenimente ca descoperirea oxigenului. Deși neîndoielnic corectă, propoziția „oxigenul a fost descoperit" induce în eroare, lăsînd să se înțeleagă că a descoperi ceva este un act singular și simplu, asimilabil conceptului nostru obișnuit (dar de asemenea îndoielnic) de a vedea. Iată de ce acceptăm atît de prompt

[4] H. Metzger, *La philosophie de la matière chez Lavoisier* (Paris, 1935); și Daumas, *op. cit.*, cap. VII.

că descoperirea, ca şi actele de a vedea sau a atinge, poate fi precis atribuită unui individ şi unui moment în timp. Dar această din urmă atribuire nu este niciodată posibilă, iar cea dintîi foarte rar. Lăsîndu-l deoparte pe Scheele, putem spune, fără temei de a greşi, că oxigenul nu fusese descoperit înainte de 1774, ci mai probabil prin 1777 sau curînd după aceea. Dar între aceste limite, orice încercare de a data precis descoperirea nu poate fi decît arbitrară, pentru că descoperirea unui nou tip de fenomen este inevitabil un eveniment complex, care implică a recunoaşte atît *că* ceva este cît şi *ce* este. Să notăm, de pildă, că dacă oxigenul ar fi fost pentru noi aer deflogisticat, am afirma fără ezitare că Priestley a fost cel care l-a descoperit, deşi tot n-am fi ştiut cînd anume. Dar dacă atît observaţia cît şi conceptualizarea, faptul şi asimilarea lui într-o teorie, sînt inseparabil legate într-o descoperire, atunci aceasta din urmă apare ca un proces care cere timp. Numai atunci cînd toate categoriile conceptuale relevante sînt pregătite dinainte (în care caz fenomenul nu ar mai fi de un tip nou), şi numai atunci, descoperirea *că* ceva este şi, respectiv, *ce* este ar putea surveni firesc, împreună şi instantaneu.

Să admitem acum că descoperirea implică un proces amplu, deşi nu neapărat îndelungat, de asimilare conceptuală. Putem spune de asemenea că ea implică şi o schimbare în paradigmă? Deocamdată, nu poate fi dat nici un răspuns general la o asemenea întrebare, dar, cel puţin în acest caz, răspunsul trebuie să fie afirmativ. Ceea ce anunţa Lavoisier în articolele sale de după 1777 nu era atît descoperirea oxigenului, cît teoria arderii prin oxidare. Această teorie a fost principiul de bază care a dus la o reformulare într-atît de cuprinzătoare a chimiei încît a ajuns să fie în mod uzual denumită revoluţie chimică. Într-adevăr, dacă descoperirea oxigenului nu ar fi fost o parte intimă a apariţiei unei noi paradigme în chimie, problema priorităţii, de la care am pornit, nu ar fi părut atît de importantă. În acest caz, ca şi în altele, valoarea atribuită unui nou fenomen, şi deci descoperitorului său, variază în funcţie de aprecierea măsurii în care fenomenul a înşelat aşteptările induse de paradigmă. Să notăm însă faptul, care se va dovedi important mai tîrziu, că descoperirea oxigenului nu a fost, în sine, cauza schimbărilor din teoria chimică. Mult înainte de a fi jucat vreun rol în descoperirea noului gaz, Lavoisier era

convins că ceva nu era în regulă cu teoria flogisticului şi de asemenea că corpurile care ard absorb o parte din atmosferă. Aceste observaţii le-a înmînat, într-o notă sigilată, în 1772, secretarului Academiei Franceze[5]. Cercetările asupra oxigenului nu au făcut decît să clarifice şi să structureze considerabil convingerea mai veche a lui Lavoisier că ceva nu mergea bine. Aceste cercetări l-au făcut să înţeleagă un fapt pe care era deja pregătit să-l descopere: şi anume, natura substanţei pe care arderea o absoarbe din atmosferă. Faptul că a fost, mai dinainte, conştient de aceste dificultăţi trebuie să-l fi ajutat considerabil pe Lavoisier să observe, în experimente ca ale lui Priestley, un gaz pe care Priestley însuşi nu fusese în stare să-l remarce. Şi viceversa, faptul că ceea ce a observat Lavoisier a fost posibil numai printr-o revizuire majoră a paradigmei explică, în linii mari, de ce Priestley nu a fost în stare, pînă la sfîrşitul vieţii, să observe acelaşi lucru.

Alte două exemple, mult mai scurte, vor confirma multe din cele tocmai spuse şi totodată ne vor permite să trecem de la elucidarea naturii descoperirilor la o înţelegere a împrejurărilor în care ele apar în ştiinţă. Pentru a prezenta principalele moduri în care pot surveni descoperirile, am ales exemple care sînt nu numai diferite între ele, dar şi diferite de descoperirea oxigenului.

Primul, descoperirea razelor X, este un caz clasic de descoperire accidentală, un caz întîlnit mult mai frecvent decît ne lasă să înţelegem rigorile impersonale ale relatărilor ştiinţifice. Istoria lui începe într-o zi în care fizicianul Roentgen îşi întrerupea o investigaţie curentă a razelor catodice deoarece observase că un ecran de cianură platinoasă de bariu, aflat la o oarecare distanţă de aparatul său căptuşit cu plumb, devenise luminescent în momentul descărcării. Investigaţiile ulterioare — de-a lungul a şapte săptămîni agitate, în care Roentgen părăsea foarte rar laboratorul — au arătat că luminescenţa emana în linii drepte de la tubul de raze catodice, că radiaţiile proiectau umbre, că nu puteau fi deviate de un magnet şi încă multe altele. Înainte de a-şi anunţa descoperirea, Roentgen

---

[5] Cea mai autorizată prezentare a originii nemulţumirii lui Lavoisier este **Henry Guerlac**, *Lavoisier — the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772* (Ithaca, N. Y., 1961).

se convinsese că efectul descoperit nu se datora razelor catodice, ci unui agent oarecum asemănător luminii [6].

Chiar şi un rezumat atît de scurt dezvăluie asemănări izbitoare cu descoperirea oxigenului: înainte de a experimenta cu oxidul roşu de mercur, Lavoisier realizase experimente care nu dăduseră rezultatele anticipate de paradigma flogisticului; descoperirea lui Roentgen a început prin observaţia că ecranul devine luminescent cînd nu trebuia. În ambele cazuri, perceperea anomaliei — adică a unui fenomen la care nu se aştepta, potrivit paradigmei cu care lucra — a jucat un rol esenţial în pregătirea terenului pentru perceperea noutăţii. Dar, din nou în ambele cazuri, perceperea că ceva nu este în regulă a fost numai preludiul descoperirii. Nici oxigenul şi nici razele X nu au ieşit la iveală decît în urma unui proces ulterior de experimentare şi prelucrare. În ce moment al investigaţiei lui Roentgen, de pildă, ar trebui să spunem că razele X au fost într-adevăr descoperite? În orice caz, nu în primul moment cînd tot ce observase era numai un ecran luminescent. Cel puţin un alt investigator observase acea luminescenţă şi, mai tîrziu spre regretul său, nu descoperi nimic [7]. După cum este cît se poate de limpede că momentul descoperirii nu poate fi fixat undeva, în cursul ultimei săptămîni de cercetări, cînd Roentgen explora proprietăţile noii radiaţii pe care o descoperise *deja*. Tot ce putem spune este că razele X au apărut la Würzburg între 8 noiembrie şi 28 decembrie 1895.

Într-o a treia privinţă, însă, existenţa unor paralele semnificative între descoperirea oxigenului şi, respectiv, a razelor X este mult mai puţin evidentă. Spre deosebire de descoperirea oxigenului, cea a razelor X nu a fost implicată, cel puţin în deceniul care i-a urmat, în vreo zdruncinare vizibilă a teoriei ştiinţifice. În ce sens se poate spune atunci că asimilarea acestei descoperiri a necesitat o schimbare de paradigmă? Argumentele în favoarea negării unei asemenea schimbări sînt foarte puternice.

---

[6] **L. W. Taylor,** *Physics, the Pioneer Science* (Boston, 1941), pp. 790—794; şi **T. W. Chalmers,** *Historic Researches* (London, 1949), pp. 218—219.

[7] **E. T. Whittaker,** *A History of the Theories of Aether and Electricity,* I, (2d. ed.; London, 1951), 358, n. 1. Sir George Thompson m-a informat despre un al doilea eşec. Alertat de valoarea inexplicabilă a plăcilor fotografice, Sir William Crookes era de asemenea pe urmele descoperirii.

Este neîndoielnic că paradigmele la care au subscris Roentgen şi contemporanii săi nu ar fi putut fi folosite în predicţia razelor X. (Teoria electromagnetică a lui Maxwell nu fusese încă acceptată pretutindeni, iar teoria corpusculară a razelor catodice era numai una dintre cîteva speculaţii curente.) Nu este mai puţin adevărat însă că aceste paradigme nu interziceau, cel puţin nu într-un mod evident, existenţa razelor X, cum interzisese teoria flogisticului interpretarea dată de Lavoisier gazului lui Priestley. Dimpotrivă, în 1895, teoria şi practica ştiinţifică acceptate admiteau un număr de forme de radiaţii: vizibile, infraroşii şi ultraviolete. De ce nu s-ar fi putut ca razele X să fie acceptate pur şi simplu ca încă o formă a unei clase binecunoscute de fenomene naturale? De ce nu au fost ele primite în acelaşi fel ca şi descoperirea unui nou element chimic? Noi elemente care să umple căsuţele goale din tabelul lui Mendeleev încă erau căutate şi găsite, pe vremea lui Roentgen. Căutarea lor era un demers obişnuit al ştiinţei normale, iar reuşita era prilej de felicitări, nicidecum de surpriză.

Razele X, însă, au fost întîmpinate nu numai cu surpriză, dar şi cu stupoare. La început, lordul Kelvin le-a calificat drept o păcăleală bine lucrată [8]. Alţii, deşi nu puteau pune la îndoială dovezile, erau evident uluiţi. Deşi razele X nu erau proscrise de teoria existentă, ele contraveneau unor aşteptări adînc înrădăcinate. După părerea mea, aceste aşteptări erau implicate în proiectarea şi interpretarea procedurilor de laborator admise. Prin 1890, aparatele cu raze catodice erau larg răspîndite în numeroase laboratoare europene. Dacă aparatul lui Roentgen produsese raze X, atunci şi alţi experimentatori trebuie să le fi produs o bucată de vreme, fără să-şi fi dat seama. Poate că aceste raze, care puteau, la fel de bine, să aibă şi alte surse necunoscute, erau implicate într-un comportament explicat pînă atunci fără referire la ele. Cel puţin, unele din cele mai familiare tipuri de aparate aveau să fie, de atunci încolo, căptuşite cu plumb. Cercetări deja încheiate, asupra unor teme normale, aveau să fie acum reluate deoarece autorii lor nu reuşiseră să identifice şi să controleze o variabilă relevantă. Razele X inaugurau, fără

[8] **Silvanus P. Thompson,** *The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), II, 1125.

îndoială, un nou domeniu, sporind astfel aria potențială a științei normale. Dar, ceea ce este acum mult mai important, ele modificau domenii care existau deja. În acest proces, ele au negat unor tipuri altădată paradigmatice de instrumentație dreptul la acest titlu.

Pe scurt, conștientă sau nu, decizia de a folosi un anumit aparat într-un mod anume implică presupunerea că vor apărea numai anumite tipuri de situații. Există așteptări instrumentale ca și teoretice care au jucat adesea un rol decisiv în dezvoltarea științei. O asemenea așteptare a jucat, de pildă, un rol în descoperirea întîrziată a oxigenului. Folosind un test standard pentru „puritatea aerului", atît Priestley cît și Lavoisier au amestecat două volume din gazul lor cu un volum de oxid de azot, au agitat amestecul deasupra apei și au măsurat volumul reziduului gazos. Experiența anterioară, pe baza căreia fusese dezvoltat acest procedeu standard, îi asigura că în cazul aerului atmosferic reziduul va fi de un anumit volum și că în cazul oricărui alt gaz (sau al aerului poluat) el va fi mai mare. În experimentele cu oxigen, ambii au găsit un reziduu apropiat de un același volum, identificînd gazul în mod corespunzător. Doar mult mai tîrziu și în mod accidental a renunțat Priestley la procedeul obișnuit și a încercat să amestece, în alte proporții, oxid de azot cu gazul său. A descoperit atunci că, la un volum de patru ori mai mare de oxid de azot, nu mai rămînea nici un reziduu. Încrederea sa în procedeul inițial de testare — procedeu confirmat de numeroase experiențe anterioare — a dus simultan la convingerea că nu pot exista gaze care să se comporte ca oxigenul[9].

Se mai pot da numeroase exemple de acest fel; de pildă, identificarea tîrzie a fisiunii uraniului. Un motiv pentru care această reacție nucleară s-a dovedit a fi extrem de greu de identificat a fost acela că cei care știau la ce să se aștepte în cazul bombardării uraniului au ales teste chimice ce vizau îndeosebi elemente din partea superioară a tabelului periodic[10]. Ar trebui oare să conchidem, din

---

[9] Conant, *op. cit.*, pp. 18—20.

[10] K. K. Darrow, „Nuclear Fission", *Bell System Technical Journal*, XIX, (1940), 267—289. Kryptonul, unul din cele două produse principale ale fisiunii, pare să nu fi fost identificat prin mijloace chimice, decît după ce reacția a fost bine înțeleasă. Bariul, celălalt produs, a fost cît pe ce să fie identificat chimic într-un stadiu tîrziu al investigației întrucît, așa cum s-a

frecvența cu care asemenea opțiuni instrumentale se dovedesc eronate, că știința trebuie să renunțe la testele și instrumentele standard? Aceasta ar duce la o metodă de cercetare de neconceput. Procedurile și aplicațiile unei paradigme sînt la fel de necesare științei ca și legile și teoriile paradigmei, avînd aceleași efecte. Ele restrîng inevitabil cîmpul fenomenologic accesibil în orice moment dat investigației științifice. Admițînd acest lucru, vom putea în același timp să înțelegem un sens esențial în care o descoperire ca cea a razelor X necesita o schimbare de paradigmă — și, deci, o schimbare atît a procedurilor cît și a așteptărilor — pentru un anumit segment al comunității științifice. Drept urmare, vom putea de asemenea înțelege cum descoperirea razelor X a putut să pară că dezvăluie multor oameni de știință o lume nouă, stranie, și astfel a putut să contribuie atît de efectiv la criza care a dus la fizica secolului douăzeci.

Ultimul nostru exemplu de descoperire științifică, cea a buteliei de Leyda, aparține unei categorii care poate fi caracterizată ca fiind indusă de teorie. Pentru început, termenul ar putea să pară paradoxal. O mare parte din cele spuse pînă acum sugerează că descoperirile anticipate de teorie fac parte din știința normală și nu duc la nici un *tip nou* de fapte. M-am referit, de pildă, înainte, la descoperirile unor noi elemente chimice, în cursul celei de a doua jumătăți a secolului al nouăsprezecelea, arătînd că ele sînt generate în acest fel de știința normală. Dar nu toate teoriile sînt teorii paradigme. Atît în perioadele premergătoare paradigmei cît și în cursul crizelor care duc la schimbări majore de paradigme,

---

întîmplat, acest element trebuia adăugat soluției radioactive pentru a precipita elementul greu pe care îl căutau chimiștii nucleari. Eșecul separării acestui bariu adăugat de produsul radioactiv a dus pînă la urmă, după ce reacția a fost continuu investigată vreme de aproape cinci ani, la următorul raport: „Chimiști fiind, ar trebui să fim determinați de această cercetare... să schimbăm toate numele din schema anterioară [a reacției] și să scriem deci Ba, La, Ce în loc de Ra, Ac, Th. Dar, fiind chimiști nucleari, strîns legați de fizică, nu ne putem hotărî să facem acest pas care ar contrazice întreaga existență anterioară a fizicii nucleare. S-ar putea ca o serie de accidente ciudate să ne fi dus la rezultate înșelătoare". (**Otto Hahn** și **Fritz Strassman**, „Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle", *Die Naturwissenschaften*, XXVII [1939], 15).

oamenii de ştiinţă elaborează de obicei numeroase teorii speculative şi nearticulate, care pot indica ele însele calea spre descoperire. Adesea, însă, acea descoperire nu este nicidecum cea anticipată de ipoteza speculativă şi provizorie. Numai cînd experimentul şi teoria experimentală sînt împreună şi armonios articulate, descoperirea se impune, iar teoria devine o paradigmă.

Descoperirea buteliei de Leyda prezintă toate aceste trăsături, precum şi altele notate mai înainte. La apariţia ei, nu exista nici o paradigmă unică pentru cercetarea în electricitate. Dimpotrivă, se aflau în competiţie cîteva teorii, toate derivate din fenomene relative accesibile. Dar nici una din ele nu reuşise să ordoneze perfect întreaga varietate a fenomenelor electrice. Această nereuşită a fost sursa cîtorva din anomaliile care au constituit cadrul descoperirii buteliei de Leyda. Una din şcolile aflate în competiţie considera electricitatea ca un fluid şi această concepţie i-a îndemnat pe cîţiva cercetători să încerce să îmbutelieze fluidul, ţinînd în mînă un flacon umplut cu apă şi introducînd în apă un conductor legat de un generator electrostatic în funcţiune. Îndepărtînd sticla de generator şi atingînd apa (sau conductorul introdus în ea) cu mîna rămasă liberă, fiecare din aceşti cercetători a simţit un şoc puternic. Dar aceste prime experimente nu au produs butelia de Leyda. Acest instrument s-a conturat mai încet, fiind din nou imposibil să precizăm momentul adevăratei sale descoperiri. Încercările iniţiale de a înmagazina fluid electric au reuşit numai pentru că cercetătorii ţineau sticla în mîini în timp ce stăteau pe pămînt. „Electricienii" mai aveau încă să afle că butelia avea nevoie de un strat conducător nu numai exterior dar şi interior şi că fluidul nu era nicidecum înmagazinat în butelie. Undeva, în cursul investigaţiilor în care au aflat aceste detalii şi în care au întîlnit şi alte anomalii, s-a conturat aparatul pe care îl numim butelie de Leyda. Apoi, experimentele care au dus la apariţia acestui aparat, multe din ele întreprinse de Franklin, au fost totodată cele care au reclamat revizuirea drastică a teoriei fluidului, ducînd astfel la prima paradigmă completă a electricităţii[11].

---

[11] Pentru diferitele stadii ale evoluţiei buteliei de Leyda, vezi I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian*

Într-o măsură mai mare sau mai mică (corespunzînd continuumului ce se întinde de la surpriză pînă la rezultatul anticipat), trăsăturile comune celor trei exemple de mai sus sînt caracteristice tuturor descoperirilor din care apar noi tipuri de fenomene. Aceste caracteristici cuprind: conştientizarea prealabilă a anomaliei, apariţia treptată şi simultană a identificării observaţionale şi conceptuale şi schimbarea corespunzătoare a categoriilor şi procedurilor paradigmei, schimbare ce întîmpină adesea rezistenţă. Există chiar dovezi că aceste caracteristici sînt constitutive naturii procesului perceptual însuşi. Într-un experiment psihologic care merită să fie mult mai cunoscut în afara specialiştilor, Bruner şi Postman au cerut subiecţilor să identifice, în condiţiile unei expuneri scurte şi controlate, o serie de cărţi de joc. Multe dintre cărţi erau normale, dar unele erau alcătuite anormal, de pildă, un şase roşu de pică şi un patru negru de cupă. Fiecare etapă experimentală consta în expunerea repetată a unei singure cărţi unui singur subiect. După fiecare expunere, subiectul era întrebat ce văzuse, iar etapa experimentală era încheiată după două identificări succesive corecte[12].

Chiar în cele mai scurte expuneri, mulţi subiecţi au identificat majoritatea cărţilor, iar după o uşoară creştere a timpului de expunere toţi subiecţii au identificat toate cărţile. Pentru cărţile normale, aceste identificări au fost de obicei corecte, dar cărţile anormale au fost aproape întotdeauna identificate, fără ezitări, cu nedumeriri vizibile, ca fiind corecte. Patru negru de cupă a fost identificat, de pildă, cu patru de pică sau cupă. Fără conştiinţa vreunei nereguli, cartea a fost imediat încadrată într-una din categoriile conceptuale pregătite de experienţa anterioară. Cineva ar putea chiar să refuze să afirme că subiecţii au văzut ceva diferit de ceea ce au identificat. Odată cu creşterea timpului de expunere a cărţilor anormale, subiecţii au început să ezite, dovedind că sînt conştienţi că ceva nu e în regulă. De pildă, în faţa unui şase roşu de pică, unii ar fi spus: acesta e un şase de pică, dar ceva nu e în regulă cu el — negrul are o margine roşie. Creş-

---

*Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 385—386, 400—406, 452—467, 506—507. Ultimul stadiu este descris de Whittaker, *op. cit.*, pp. 50—52.

[12] J. S. Bruner, şi Leo Postman, „On the Perception of Incongruity: A Paradigm", *Journal of Personality*, XVIII (1940), 206—223.

terea şi mai mare a timpului de expunere a provocat tot mai multă ezitare şi confuzie pînă cînd, în fine, şi uneori brusc, cei mai mulţi dintre subiecţi vor fi făcut, fără să ezite, identificarea corectă. Mai mult decît atît, după ce au procedat astfel cu două sau trei cărţi anormale, ei nu vor mai avea dificultăţi deosebite cu celelalte. Cîţiva subiecţi, totuşi, nu au fost de loc în stare să facă modificările corespunzătoare ale categoriilor lor perceptuale. Chiar şi la o creştere de patruzeci de ori a timpului mediu de expunere necesar recunoaşterii unor cărţi normale, mai mult de zece la sută din cărţile anormale nu au fost corect identificate. Iar subiecţii care au eşuat şi în acest caz s-au simţit foarte contrariaţi. Unul din ei a exclamat: „Nu pot să-mi dau seama de culoare, oricare ar fi ea. În acest moment nici măcar nu seamănă cu o carte. Nu ştiu ce culoare este acum sau dacă este o pică sau o cupă. Nu sînt nici măcar sigur cum arată o pică. Dumnezeule!"[13]. În secţiunea următoare vom avea ocazia să-i vedem pe oamenii de ştiinţă comportîndu-se din cînd în cînd asemănător.

Fie ca o metaforă, fie pentru că reflectă natura intelectului, acest experiment psihologic oferă o schemă deosebit de simplă şi convingătoare a procesului descoperirii ştiinţifice. În ştiinţă, ca şi în experimentul cu cărţile de joc, noutatea apare numai cu dificultate, învingînd rezistenţa opusă de aşteptările prealabile. Iniţial, numai anticipatul şi obişnuitul sînt remarcate, chiar în condiţiile în care anomalia este mai tîrziu observată. O familiarizare mai bună creează însă sentimentul unei nereguli sau corelează efectul cu ceva care nu a fost în regulă mai înainte. Conştiinţa anomaliei inaugurează o perioadă în care categoriile conceptuale sînt ajustate pînă cînd ceea ce apărea iniţial ca o anomalie apare acum ca un lucru anticipat. În acest punct descoperirea este încheiată. Am afirmat deja că acest proces, sau unul foarte asemănător, este implicat în apariţia tuturor noutăţilor ştiinţifice fundamentale. Voi remarca acum că, identificînd acest proces, putem în sfîrşit să începem să înţelegem de ce ştiinţa normală — deşi o întreprindere care nu este orientată spre noutăţi

---

13 *Ibidem*, p. 218. Colegul meu Postman îmi spune că, deşi ştia dinainte totul despre aparat şi expunere, s-a trezit totuşi privind foarte neliniştit la cărţile nepotrivite.

și care încearcă la început să le suprime — este totuși atît de efectivă în producerea lor.

În dezvoltarea oricărei științe, despre prima paradigmă acceptată se crede de obicei că explică cu succes majoritatea observațiilor și experimentărilor ușor accesibile practicienilor acelei științe. Dezvoltarea ulterioară solicită de obicei construirea unui aparataj complicat, elaborarea unui vocabular și a unor tehnici esoterice și o rafinare a conceptelor care reduce într-o măsură tot mai mare asemănarea lor cu prototipurile obișnuite ale bunului simț. Această profesionalizare duce, pe de o parte, la o restrîngere imensă a viziunii omului de știință și la o rezistență considerabilă la schimbări de paradigmă. Omul de știință devine tot mai rigid. Pe de altă parte, în acele domenii spre care paradigma îndreaptă atenția grupului practicienilor, știința normală produce o detaliere a informației și o precizie a corespondenței dintre teorie și observație care nu pot fi atinse în nici un alt fel. În plus, această detaliere și precizie au o valoare ce depășește interesul lor intrinsec, nu întotdeauna prea ridicat. Fără aparatajul special construit îndeosebi pentru funcții anticipate, rezultatele care duc în ultimă instanță la descoperiri nu ar putea apărea. Și chiar cînd aparatajul există, noutatea i se arată de obicei numai aceluia care, cunoscînd *cu precizie* la ce să se aștepte, este în stare să-și dea seama că ceva nu merge bine. Anomalia apare numai pe fundalul unei paradigme. Cu cît acea paradigmă este mai precisă și mai cuprinzătoare, cu atît mai sensibilă este capacitatea ei de a detecta o anomalie și deci de a prilejui schimbarea paradigmei. În desfășurarea normală a unei descoperiri, chiar și rezistența față de schimbare are o utilitate care va fi examinată mai îndeaproape în secțiunea următoare. Avînd grijă ca paradigma să nu fie abandonată prea ușor, această rezistență garantează că oamenii de știință nu vor fi lesne abătuți din drum și că anomaliile care duc la schimbarea paradigmei vor pătrunde pînă în miezul cunoașterii existente. Însuși faptul că atît de des o noutate științifică semnificativă apare simultan în mai multe laboratoare este o dovadă atît a naturii tradiționale puternic înrădăcinate a științei normale cît și a deplinătății cu care această investigare tradițională își pregătește calea propriei ei schimbări.

# VII. CRIZA ŞI EMERGENŢA TEORIILOR ŞTIINŢIFICE

Toate descoperirile considerate în secţiunea VI au fost cauze ale schimbărilor de paradigme sau au contribuit la ele. Apoi, schimbările în care au fost implicate aceste descoperiri erau, toate, atît distructive cît şi constructive. După asimilarea descoperirii, oamenii de ştiinţă au fost în stare să explice un domeniu mai vast de fenomene naturale sau să explice cu mai multă precizie unele din cele deja cunoscute. Dar acest cîştig a fost realizat numai cu preţul înlăturării unor convingeri şi proceduri odinioară tipice şi, simultan, al înlocuirii acestor componente ale vechii paradigme cu altele. După cum am arătat, astfel de modificări însoţesc toate descoperirile realizate în cadrul ştiinţei normale, în afara celor nesurprinzătoare care fuseseră anticipate în linii mari, exceptînd detaliile. Descoperirile nu sînt însă singurele surse ale acestor schimbări distructive-constructive de paradigme. În secţiunea de faţă vom începe să discutăm modificări asemănătoare, dar mult mai ample, care rezultă din inventarea unor noi teorii.

După ce am arătat că, în ştiinţă, faptul şi teoria, descoperirea şi invenţia, nu sînt categoric şi permanent distincte, putem anticipa o suprapunere între această secţiune şi cea precedentă. (Ideea imposibilă că Priestley a descoperit mai întîi oxigenul, iar Lavoisier l-a inventat apoi îşi are atracţia ei. Am întîlnit deja oxigenul ca descoperire; în curînd îl vom întîlni din nou ca invenţie.)

Abordînd problema apariţiei unor noi teorii, vom înţelege indiscutabil mai bine şi problema descoperirii. Totuşi, suprapunerea nu este o identitate. Tipurile de descoperiri considerate în secţiunea precedentă nu au fost (cel puţin luate separat) responsabile pentru modificări de paradigme precum au fost revoluţiile copernicană, newtoniană, chimică sau einsteiniană. Tot aşa cum nu au fost responsabile pentru schimbările de paradigmă ceva mai mici (fiind profesional mai restrînse) produse de teoria ondulatorie a luminii, teoria dinamică a căldurii, sau teoria electromagnetică a lui Maxwell. Cum pot apărea astfel de teorii din ştiinţa normală, o activitate şi mai puţin orientată spre obţinerea lor decît spre cea a descoperirilor?

Dacă conştiinţa anomaliei joacă un rol în apariţia unor noi tipuri de fenomene, nu ar trebui să surprindă pe nimeni că o conştiinţă similară, dar mai profundă, este o condiţie a tuturor schimbărilor majore de teorii. În această privinţă, cred că evidenţa istorică este absolut certă. Situaţia astronomiei ptolemaice era scandaloasă înainte de Copernic[1]. Contribuţia lui Galilei la studiul mişcării a depins în mare măsură de dificultăţile descoperite de criticii scolastici în teoria lui Aristotel[2]. Noua teorie newtoniană a luminii şi culorii îşi are originea în descoperirea că nici una dintre teoriile preparadigmatice existente nu poate explica lungimea spectrului, iar teoria ondulatorie care a înlocuit-o pe cea a lui Newton a apărut în contextul unei îngrijorări crescînde provocate de anomaliile pe care le prezentau efectele de difracţie şi polarizare pentru teoria lui Newton[3]. Termodinamica s-a născut din ciocnirea a două teorii fizice ale secolului al nouăsprezecelea, iar mecanica cuantică dintr-o mulţime de dificultăţi legate de radiaţia corpului negru, de căldu-

---

[1] **A. R. Hall**, *The Scientific Revolution*, 1500—1800 (London, 1954), p. 16.

[2] **Marshall Clagett**, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison Wis., 1959), Paris II—III. A Koyré dezvăluie un număr de elemente medievale în gîndirea lui Galilei, în ale sale *Études Galiléennes* (Paris, 1939), mai ales vol. I.

[3] Pentru Newton, vezi **T. S. Kuhn**, „Newton's Optical Papers", in *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, ed. I. B. Cohen (Cambridge, Mass., 1958), pp. 27—45. În privinţa preludiului la teoria ondulatorie, vezi **E. T. Whittaker**, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I (2d ed., London, 1951), 94—109 şi **W. Whewell**, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed., London, 1847), II, 396—466.

rile specifice şi efectul fotoelectric[4]. În toate aceste cazuri (cu excepţia celui al lui Newton) conştiinţa anomaliei a durat atît de mult şi a pătruns atît de adînc încît domeniile afectate de ea pot fi corect caracterizate ca aflîndu-se într-o stare de criză tot mai acută. Întrucît provoacă o distrugere de proporţii a paradigmei şi modificări majore în problemele şi tehnicile ştiinţei normale, apariţia noilor teorii este în general precedată de o perioadă de incertitudine profesională accentuată. După cum ne-am putea aştepta, această incertitudine este generată de eşecul constant întîmpinat în rezolvarea problemelor ştiinţei normale. Eşecul regulilor existente este preludiul căutării unora noi.

Să urmărim mai întîi un caz de schimbare de paradigmă deosebit de celebru : apariţia astronomiei copernicane. Cînd predecesoarea ei, astronomia ptolemaică, fusese elaborată în cursul ultimelor două secole dinaintea erei noastre şi a primelor două de după, ea reuşise admirabil să prezică poziţiile variabile ale stelelor şi planetelor. Nici un sistem astronomic anterior nu reuşise atît de bine în aceste privinţe ; pentru stele, astronomia ptolemaică este încă larg folosită şi astăzi ca o aproximare inginerească ; pentru planete, predicţiile lui Ptolemeu erau la fel de bune ca şi cele ale lui Copernic. Pentru o teorie ştiinţifică, însă, a reuşi admirabil nu înseamnă niciodată a reuşi complet. În privinţa poziţiilor planetelor şi a precesiei echinoxurilor, predicţiile realizate cu sistemul lui Ptolemeu nu au corespuns niciodată celor mai bune observaţii existente. Diminuarea acestor discrepanţe minore a fost, pentru mulţi dintre urmaşii lui Ptolemeu, obiectul unor probleme principale de cercetare astronomică normală, tot aşa cum încercarea similară de a potrivi observaţiile astronomice cu teoria newtoniană a generat probleme de cercetare normală pentru newtonienii secolului al optsprezecelea. Pentru o vreme, astronomii aveau toate motivele să presupună că aceste încercări vor fi la fel de reuşite ca şi cele care duseseră la sistemul lui Ptolemeu. Fiind puşi în faţa unei anumite discrepanţe, astronomii erau

[4] Pentru termodinamică, vezi **Silvanus P. Thompson**, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), I, 266—281. Pentru teoria cuantică, vezi **Fritz Reiche**, *The Quantum Theory*, trad. H. S. Hatfield şi H. L. Brose (London, 1922), cap. I—II.

întotdeauna în stare să o elimine operînd anumite modificări în sistemul ptolemaic al cercurilor compuse. Pe măsura trecerii timpului, însă, oricine considera rezultatul net al eforturilor de cercetare normală ale multor astronomi putea observa că complexitatea astronomiei creştea mult mai repede decît precizia ei şi că o discrepanţă corectată într-un loc avea toate şansele să reapară în alt loc[5].

Deoarece tradiţia astronomică era deseori întreruptă din exterior şi deoarece, în lipsa tiparului, comunicaţiile dintre astronomi erau limitate, aceste dificultăţi au fost cu greu identificate. Astronomii au devenit totuşi conştienţi de ele. Prin secolul al treisprezecelea, Alfons X putea afirma că dacă Dumnezeu l-ar fi consultat cînd a creat universul, ar fi primit cîteva sfaturi bune. În secolul al şaisprezecelea, colaboratorul lui Copernic, Domenico da Novara, susţinea că un sistem care devenise într-atît de greoi şi imprecis ca cel ptolemaic nu putea să descrie adevărat natura. Iar Copernic însuşi scria în Prefaţa la *De revolutionibus* că tradiţia astronomică pe care o moştenise a creat în ultimă instanţă doar un monstru. La începutul secolului al şaisprezecelea, tot mai mulţi dintre cei mai buni astronomi europeni recunoşteau că paradigma astronomică eşuase în aplicaţiile la propriile ei probleme tradiţionale. Această recunoaştere a fost condiţia necesară a respingerii de către Copernic a paradigmei ptolemaice şi a încercării sale de a găsi o alta nouă. Celebra sa prefaţă constituie şi astăzi una din descrierile clasice ale unei stări de criză[6].

Declinul activităţii tehnice normale de rezolvare a unor *puzzles* nu este firește singurul ingredient al crizei astronomice cu care a fost confruntat Copernic. O abordare mai cuprinzătoare ar trebui să aibă de asemenea în vedere presiunea socială în favoarea reformei calendaristice, o presiune care a dat acuitate problemei precesiei. De asemenea, o relatare mai amplă va trebui să ia în considerare critica medievală a lui Aristotel, apariţia neoplatonismului Renaşterii şi alte elemente istorice semnificative. Dar declinul tehnic rămîne totuşi miezul crizei.

---

[5] J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (2d ed.; New York, 1953), cap. XI—XII.

[6] T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 135—143.

Într-o ştiinţă matură — şi astronomia devenise o astfel de ştiinţă în antichitate — factori externi ca cei citaţi mai sus sînt semnificativi îndeosebi în determinarea perioadei de declin, a uşurinţei cu care este recunoscută şi a ariei în care, datorită atenţiei deosebite ce i se acordă, survine iniţial. Deşi extrem de importante, problemele de acest gen depăşesc graniţele acestui eseu.

Dacă cele amintite aici sînt limpezi în ce priveşte revoluţia copernicană, să ne îndreptăm acum atenţia spre un al doilea exemplu, diferit, şi anume criza care a precedat apariţia teoriei arderii prin oxidare, a lui Lavoisier. Prin anii 1770, numeroşi factori au contribuit împreună la generarea unei crize în chimie, deşi istoricii nu sînt întru totul de acord asupra naturii sau importanţei lor relative. Doi factori sînt însă unanim acceptaţi ca fiind de primă importanţă: apariţia chimiei pneumatice şi problema raporturilor de greutate. Istoria primului factor începe în secolul al şaptesprezecelea, odată cu răspîndirea pompelor de aer şi aplicarea lor în experimentele chimice. În cursul secolului următor, folosind această pompă şi alte aparate pneumatice, chimiştii au ajuns să înţeleagă că aerul trebuie să fie un component activ în reacţiile chimice. Dar, cu puţine excepţii (într-atît de echivoce încît par să nu fie de loc excepţii), chimiştii au continuat să creadă că aerul era singurul fel de gaz. Pînă în 1756, cînd Joseph Black a arătat că bioxidul de carbon ($CO_2$) poate fi limpede distins de aerul normal, se credea că două mostre de gaz se disting numai prin impurităţi[7].

După cercetările lui Black, investigarea gazelor a avansat rapid, mai ales prin Cavendish, Priestley şi Scheele care, împreună, au elaborat o serie de tehnici noi, capabile să distingă diferitele tipuri de gaze. Toţi aceşti oameni de ştiinţă, de la Black la Scheele, credeau în teoria flogisticului şi o foloseau adesea în proiectarea şi interpretarea experimentelor. Scheele a fost de fapt primul care a produs oxigen în urma unui şir de experimente minuţioase menite să deflogisticheze căldura. Totuşi, rezultatul net al experimentelor lor a fost o varietate atît de complicată de mostre şi proprietăţi ale gazelor încît teoria flogisticului se dovedea tot mai incapabilă să facă faţă experi-

[7] J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; London, 1951), pp. 48—51, 73—85, 90—120.

mentelor de laborator. Deşi nici unul dintre aceşti chimişti nu a propus înlocuirea teoriei, ei nu mai erau în stare să o aplice în mod consecvent. În vremea în care Lavoisier îşi începea experimentele cu gaze, pe la începutul anilor 1770, existau aproape tot atît de multe versiuni ale teoriei flogisticului, cîţi chimişti pneumatici[8]. Această proliferare de versiuni ale unei teorii este un simptom foarte firesc de criză. În prefaţa sa, Copernic se plîngea şi el de acest fenomen.

Ambiguitatea tot mai pronunţată şi utilitatea tot mai redusă, pentru chimia pneumatică, a teoriei flogisticului nu erau însă singurele surse de criză pentru Lavoisier. El era de asemenea extrem de preocupat să explice sporul de greutate al majorităţii corpurilor atunci cînd erau arse sau calcinate — ceea ce constituie de asemenea o problemă cu o lungă preistorie. Cel puţin cîţiva chimişti islamici cunoscuseră faptul că metalele cîştigă greutate cînd sînt încinse. În secolul al şaptesprezecelea, cîţiva cercetători deduseseră din acelaşi fapt că un metal încins încorporează un anumit ingredient din atmosferă. În acel secol, însă, o asemenea concluzie părea inutilă majorităţii chimiştilor. Dacă reacţiile chimice pot modifica volumul, culoarea şi compoziţia ingredienţilor, de ce să nu modifice şi greutatea? Greutatea nu a fost întotdeauna considerată drept măsură a cantităţii de materie. În afară de aceasta, sporul de greutate obţinut prin calcinare rămînea un fenomen izolat. Cele mai multe corpuri naturale (de pildă, lemnul) pierdeau greutate prin calcinare, aşa cum avea să confirme mai tîrziu teoria flogisticului.

În cursul secolului al optsprezecelea, însă, aceste soluţii iniţial adecvate ale problemei sporului de greutate aveau să fie tot mai contestate. În parte, pentru că balanţa era tot mai mult folosită ca un instrument chimic devenit tipic şi de asemenea pentru că dezvoltarea chimiei pneumatice făcuse posibilă şi de dorit reţinerea produselor gazoase ale reacţiilor, chimiştii descopereau tot mai multe cazuri în care calcinarea era însoţită de un spor de greutate. În acelaşi timp, asimilarea treptată a teoriei gravitaţiei a lui Newton i-a determinat pe chimişti să afirme

[8] Deşi se ocupă de o perioadă ceva mai tîrzie, un numeros material relevant se află în J. R. Partington şi Douglas McKie, „Historical Studies on the Phlogiston Theory", *Annals of Science*, II (1937), 361—404; III (1938), 1—58; şi IV (1939), 337—371.

că sporul de greutate trebuie să însemne un spor al cantităţii de materie. Aceste concluzii nu au dus la o respingere a teoriei flogisticului, întrucît această teorie putea fi ajustată în multe feluri. Poate că flogisticul avea o greutate negativă, sau poate că particulele de foc sau altceva intrau în corpul calcinat părăsit de flogistic. Şi mai erau şi alte explicaţii. Dar dacă problema sporului de greutate nu a produs o infirmare, ea a produs în schimb un număr considerabil de studii speciale afectate acestei probleme. Unul din ele, „Despre flogistic considerat ca o substanţă cu greutate şi [analizat] în termenii schimbărilor de greutate pe care le produce în corpurile cu care se uneşte", a fost citit în faţa Academiei Franceze, la începutul lui 1772, anul care s-a încheiat cu înmînarea de către Lavoisier a celebrei sale note sigilate secretarului Academiei. Înainte ca acea notă să fie scrisă, o problemă care vreme de mulţi ani rămăsese la periferia conştiinţei chimistului avea să devină un remarcabil „*puzzle*" nesoluţionat[9]. Pentru a-l rezolva, au fost elaborate felurite versiuni ale teoriei flogisticului. Asemeni problemelor chimiei pneumatice, cele ale sporului de greutate făceau tot mai dificilă înţelegerea teoriei flogisticului. Deşi mai era încă acceptată şi demnă de încredere ca instrument de lucru, o paradigmă a chimiei secolului al optsprezecelea îşi pierdea treptat statutul ei unic. Cercetarea pe care o ghida semăna, într-o măsură tot mai mare, celei promovate de şcolile concurente din perioada preparadigmatică, ceea ce poate fi considerat un alt efect tipic de criză.

Să examinăm acum, ca un al treilea şi ultim exemplu, criza în fizică, de la sfîrşitul secolului al nouăsprezecelea, care a pregătit calea apariţiei teoriei relativităţii. O sursă a acelei crize poate fi urmărită pînă spre sfîrşitul secolului al şaptesprezecelea, cînd un număr de filozofi ai naturii, îndeosebi Leibniz, au criticat adoptarea de către Newton a unei versiuni modernizate a concepţiei clasice despre spaţiul absolut[10]. Ei au fost foarte aproape să dovedească (deşi nu întru totul) că poziţiile şi mişcările absolute nu aveau nici o funcţie în sistemul lui Newton; ei au reuşit

---

[9] H. Guerlac, *Lavoisier — the Crucial Year* (Ithaca, NY., 1961). Întreaga carte documentează evoluţia şi prima recunoaştere a unei crize. Pentru o expunere clară a situaţiei în privinţa lui Lavoisier, vezi p. 35.

[10] Max Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 114—124.

să sugereze atracţia estetică deosebită pe care avea să o manifeste mai tîrziu o concepţie pe deplin relativistă asupra spaţiului şi mişcării. Dar critica lor era pur logică. Asemeni primilor copernicani care criticau dovezile aristotelice ale stabilităţii Pămîntului, ei nu îşi închipuiau că trecerea lor la un sistem relativist ar putea avea consecinţe observaţionale. În nici un moment, ei nu s-au gîndit să-şi raporteze concepţiile la vreuna din problemele rezultate din aplicarea teoriei newtoniene la natură. Ca urmare, aceste concepţii au murit odată cu autorii lor, în cursul primelor decenii ale secolului al optsprezecelea, spre a fi reînviate numai în ultimele decenii ale secolului următor, cînd raporturile lor cu practica fizicii se schimbaseră foarte mult.

Problemele tehnice, la care trebuia raportată în ultimă instanţă o filozofie relativistă a spaţiului, au început să pătrundă în ştiinţa normală, cam după 1815, odată cu acceptarea teoriei ondulatorii a luminii — deşi aceste probleme nu au provocat nici o criză pînă în anii 1890. Dacă lumina este mişcare ondulatorie, propagată într-un eter mecanic guvernat de legile lui Newton, atunci atît observaţia cerească cît şi experimentul terestru devin potenţial capabile să detecteze un vînt prin eter. Dintre observaţiile cereşti numai cele asupra aberaţiei promiteau o precizie suficientă pentru a oferi o informaţie relevantă, astfel încît detectarea vîntului de eter prin măsurarea aberaţiei a devenit o problemă recunoscută pentru cercetarea normală. Pentru a o rezolva, s-au construit numeroase instalaţii speciale. Dar echipamentul respectiv nu a detectat nici un vînt de eter observabil, astfel încît experimentatorii şi observatorii au trecut problema teoreticienilor. În deceniile de mijloc ale secolului, Fresnel, Stokes şi alţii au imaginat numeroase articulaţii ale teoriei eterului menite să explice eşecul observării vîntului de eter. Fiecare din aceste versiuni presupunea că un corp în mişcare antrenează cu el o parte a eterului; şi fiecare reuşea destul de bine să explice rezultatele negative ale observaţiei cereşti ca şi ale experimentării terestre, inclusiv faimosul experiment al lui Michelson şi Morley[11]. Nu apăruse încă nici un conflict,

[11] **Joseph Larmor**, *Aether and Matter ... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena* (Cambridge, 1900), pp. 6—20, 320—322.

cu excepţia celui dintre diferitele versiuni. În absenţa unor tehnici experimentale relevante, conflictul nu a devenit niciodată acut.

Situaţia s-a schimbat din nou numai odată cu acceptarea treptată a teoriei electromagnetice a lui Maxwell, în ultimele două decenii ale secolului al nouăsprezecelea. Maxwell însuşi era un newtonian care credea că lumina şi electromagnetismul, în general, se datorau deplasărilor variabile ale particulelor unui eter mecanic. Primele sale versiuni ale unei teorii a electricităţii şi magnetismului foloseau direct proprietăţile ipotetice pe care el le atribuia acestui mediu. Ele au fost eliminate din versiunea finală, dar Maxwell continua totuşi să creadă că teoria sa electromagnetică este compatibilă cu o anumită articulaţie a concepţiei mecanice newtoniene[12]. Dezvoltarea unei versiuni adecvate a fost o preocupare de seamă pentru el şi urmaşii săi. În practică, însă, aşa cum s-a întîmplat de nenumărate ori în dezvoltarea ştiinţei, producerea unei asemenea versiuni s-a dovedit a fi extrem de dificilă. La fel cum ideea astronomică a lui Copernic, în ciuda optimismului autorului ei, a creat o criză tot mai acută pentru teoriile existente asupra mişcării, tot aşa şi teoria lui Maxwell, în ciuda originii ei newtoniene, a produs pînă la urmă o criză a paradigmei din care apăruse[13]. Apoi, focarul cel mai acut al crizei a fost generat de problemele pe care tocmai le-am discutat, şi anume de cele ale mişcării în raport cu eterul.

Abordarea de către Maxwell a comportamentului electromagnetic al corpurilor în mişcare nu făcea nici o referinţă la eterul antrenat; dealtfel, introducerea unui asemenea element în teoria sa se dovedise foarte dificilă. În consecinţă, o întreagă serie de observaţii anterioare menite să detecteze vîntul de eter devenise anomalică. Anii de după 1890 au fost, aşadar, martorii unor îndelungate serii de încercări, atît experimentale cît şi teoretice, de a detecta mişcarea în raport cu eterul şi de a încorpora eterul antrenat în teoria lui Maxwell. Cele dintîi au eşuat constant, deşi unii cercetători luau rezultatele

---

[12] **R. T. Glazebrook**, *James Clerk Maxwell and Modern Physics* (London, 1896), cap. IX. Pentru atitudinea finală a lui Maxwell, vezi propria sa carte *A Treatise on Electricity and Magnetism* (3d ed.; Oxford, 1892), p. 470.

[13] Pentru rolul astronomiei în dezvoltarea mecanicii, vezi **Kuhn**, *op. cit.*, cap. VII.

lor drept echivoce. Celelalte au dus la cîteva începuturi promiţătoare, mai ales cele ale lui Lorentz şi Fitzgerald, dar şi ele au generat alte probleme, ducînd pînă la urmă la acea proliferare de teorii competitive, care, după cum am văzut mai înainte, însoţesc o criză[14]. Pe fondul acestui cadru istoric a apărut, în 1905, teoria relativităţii restrînse a lui Einstein.

Aceste trei exemple sînt aproape în întregime tipice. În fiecare caz, o nouă teorie apare numai în urma unui eşec pronunţat în activitatea normală de rezolvare a problemelor. Apoi, exceptînd cazul lui Copernic, unde factori externi ştiinţei au jucat un rol deosebit de mare, acest eşec şi, ca un semn al lui, proliferarea teoriilor survin cam cu un deceniu sau două înainte de apariţia noii teorii. Noua teorie pare un răspuns direct la criză. Să observăm de asemenea, deşi acest aspect poate să nu fie într-atît de tipic, că problemele în raport cu care apar asemenea eşecuri aparţin toate unei categorii recunoscute de multă vreme. Practica anterioară a ştiinţei normale justificase pe deplin considerarea acestor probleme ca fiind rezolvate sau aproape rezolvate — ceea ce explică de ce sentimentul eşecului, cînd apare, poate fi într-atît de acut. Eşecul în cazul unui nou tip de probleme produce adesea dezamăgire, dar niciodată surpriză. Nici problemele, nici *puzzles* nu cedează adesea de la primul atac. În sfîrşit, aceste exemple împărtăşesc şi o altă caracteristică care ne poate ajuta să reliefăm rolul crizei : rezolvarea fiecăruia din ele fusese, cel puţin parţial, anticipată într-o perioadă cînd ştiinţa respectivă nu cunoscuse vreo criză : or, în lipsa crizei, acele anticipări fuseseră ignorate.

Singura anticipare completă, care este şi cea mai celebră, a fost anticiparea lui Copernic de către Aristarh, în secolul al treilea î.e.n. Se spune adesea că, dacă ştiinţa greacă ar fi fost mai puţin deductivă şi dogmatică, astronomia heliocentrică şi-ar fi început cariera sa cu optsprezece secole mai devreme[15]. Dar asta înseamnă să ignori

---

[14] **Whittaker,** *op. cit.*, I, 386—410; şi II (London, 1953), 27—40.

[15] Pentru opera lui Aristarh, vezi **T. L. Heath,** *Aristarchus of Samos*; *The Ancient Copernicus* (Oxford, 1913), partea a II-a. Pentru o prezentare cuprinzătoare a poziţiei tradiţionale despre ignorarea rezultatelor lui Aristarh, vezi **Arthur Koestler,** *The Sleepwalkers. A History of Man's Changing Vision of the Universe* (London, 1959), p. 50.

întregul context istoric. Cînd a fost avansată ideea lui Aristarh, sistemul mult mai rezonabil al geocentrismului nu avea nici o fisură pe care un sistem heliocentric să o fi putut acoperi. Întreaga dezvoltare a astronomiei ptolemaice, cu triumfurile şi eşecurile ei, se întinde pe multe secole după Aristarh. În afară de aceasta, nu exista nici un motiv evident de a-l lua pe Aristarh în serios. Nici măcar teoria mai elaborată a lui Copernic nu poate fi considerată mai simplă sau mai precisă decît sistemul lui Ptolemeu. Testele bazate pe observaţie, cum vom vedea mai clar ulterior, nu ofereau nici o bază pentru a alege între ele. În aceste condiţii, unul din factorii care i-a condus pe astronomi spre Copernic (şi care nu i-ar fi putut conduce spre Aristarh) a fost recunoaşterea crizei care determinase în primul rînd această inovaţie. Astronomia ptolemaică nu reuşise să-şi rezolve problemele; venise vremea să se dea o şansă unui concurent. Celelalte două exemple nu cuprind în aceeaşi măsură anticipări depline. Este însă neîndoielnic că unul din motivele pentru care teoriile arderii prin absorbţie din atmosferă, teorii dezvoltate în secolul al şaptesprezecelea de Rey, Hooke şi Mayow, nu au reuşit să-şi cîştige un ecou suficient a fost acela că ele nu atingeau nici un punct nevralgic recunoscut al practicii ştiinţifice normale[16]. Iar îndelungata ignorare a criticilor relativişti ai lui Newton de către savanţii secolelor optsprezece şi nouăsprezece trebuie să se fi datorat în mare măsură unei absenţe asemănătoare a confruntării cu problemele nerezolvate ale practicii ştiinţifice.

Filozofii ştiinţei au demonstrat, în repetate rînduri, că o mulţime anumită de date poate fi întotdeauna încorporată în mai multe construcţii teoretice. Istoria ştiinţei arată că, mai ales în stadiile iniţiale de dezvoltare ale unei noi paradigme, nu este nici măcar prea greu să se inventeze asemenea alternative. Dar oamenii de ştiinţă recurg rar la această inventare de alternative; iar dacă procedează totuşi astfel, o fac în stadiile preparadigmatice

[16] Partington, *op. cit.*, pp. 78—85.

ale dezvoltării ştiinţei lor sau numai în ocazii cu totul speciale ale evoluţiei ei ulterioare. Atîta vreme cît instrumentele oferite de paradigmă se dovedesc capabile să rezolve problemele pe care aceasta le defineşte, ştiinţa avansează cel mai repede şi pătrunde cel mai adînc, prin folosirea încrezătoare a acestor instrumente. Raţiunea este clară. Ca şi în manufactură, şi în ştiinţă, refacerea uneltelor este o întreprindere extraordinară, rezervată numai ocaziilor care o cer. Semnificaţia crizelor rezidă tocmai în a indica că momentul refacerii uneltelor a sosit.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY

# VIII. RĂSPUNSUL LA CRIZĂ

Să presupunem deci că crizele sînt o condiţie necesară a apariţiei noilor teorii şi să ne întrebăm apoi cum reacţionează oamenii de ştiinţă la existenţa lor. O parte a răspunsului, pe cît de evidentă pe atît de importantă, poate fi aflată notînd pentru început ceea ce *nu* fac oamenii de ştiinţă cînd sînt confruntaţi cu cele mai severe şi îndelungate anomalii. Deşi pot începe să-şi piardă încrederea şi să ia în considerare alternative, ei nu renunţă la paradigma care i-a dus la criză. Cu alte cuvinte, ei nu privesc anomaliile drept contraexemple, deşi în vocabularul filozofiei ştiinţei ele apar astfel. În parte, această generalizare este pur şi simplu derivată din fapte istorice, ca în exemplele de mai înainte şi aşa cum vom arăta, mai pe larg, în cele ce urmează. Acestea sugerează ceea ce examinarea ulterioară a respingerii paradigmei va dezvălui mai în amănunt, şi anume că de îndată ce a dobîndit statutul de paradigmă, o teorie ştiinţifică este invalidată numai dacă există o alternativă care să-i ia locul. Nici un proces dezvăluit pînă acum de studiul istoric al dezvoltării ştiinţifice nu seamănă cîtuşi de puţin cu stereotipul metodologic al falsificării prin comparaţie directă cu natura. Aceasta nu înseamnă că oamenii de ştiinţă nu resping teorii ştiinţifice sau că experienţa şi experimentul nu sînt esenţiale pentru acest proces de respingere. Ceea ce trebuie înţeles prin aceasta (dovedindu-se pînă la urmă un aspect central) este că actul de gîndire

care îi determină pe oamenii de ştiinţă să respingă o teorie anterior acceptată se bazează întotdeauna pe mai mult decît o comparare a acelei teorii cu natura. Decizia de a respinge o paradigmă este întotdeauna simultan decizia de a accepta o alta; evaluarea care duce la o astfel de decizie implică compararea fiecărei paradigme atît cu natura cît *şi* cu cealaltă paradigmă.

Mai există apoi un al doilea motiv de a ne îndoi că oamenii de ştiinţă resping paradigmele pentru că sînt confruntaţi cu anomalii sau contraexemple. Dezvoltîndu-l, argumentul meu va anticipa o altă teză principală a acestui eseu. Motivele de îndoială, sugerate mai sus, erau pur factuale; cu alte cuvinte, ele însele constituiau contraexemple la o teorie epistemologică predominantă. Ca atare, dacă argumentul meu este corect, ele pot cel mult contribui la crearea unei crize sau, mai precis, la adîncirea uneia existente. Prin ele însele, ele nu pot şi nu vor infirma acea teorie filozofică, deoarece susţinătorii ei vor face ceea ce am văzut deja că fac oamenii de ştiinţă cînd sînt confruntaţi cu o anomalie. Ei vor inventa numeroase variante şi modificări *ad hoc* ale teoriei lor pentru a elimina orice conflict evident. Multe dintre modificările şi restricţiile relevante există, de fapt, dinainte în literatura de specialitate. Dacă, deci, aceste contraexemple epistemologice vor fi mai mult decît nişte fapte iritante de importanţă minoră, aceasta se va datora faptului că înlesnesc introducerea unei analize noi şi diferite a ştiinţei, în cadrul căreia ele nu mai apar ca surse de dificultăţi. Apoi, dacă se aplică aici o structură tipică (pe care o vom observa mai tîrziu în revoluţiile ştiinţifice), anomaliile nu vor mai apărea ca nişte simple fapte. Dinăuntrul unei noi teorii a cunoaşterii ştiinţifice, ele pot părea, dimpotrivă, aproape tautologii, adică enunţuri despre situaţii pe care nu le-am putea concepe altfel.

S-a dovedit adeseori, de pildă, că a doua lege newtoniană a mişcării, deşi a avut nevoie de secole de cercetări factuale şi teoretice pentru a fi stabilită, se comportă, pentru adepţii teoriei lui Newton, aproape ca un enunţ pur logic pe care nici o observaţie nu ar putea să-l infirme[1]. În secţiunea X, vom vedea că legea chimică a proporţiilor

[1] Vezi mai ales discuţia lui N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 95—105.

fixe, care înainte de Dalton fusese doar o descoperire experimentală întîmplătoare, de o generalitate dubioasă, a devenit, după cercetările lui Dalton, un ingredient al unei definiţii a compuşilor chimici pe care nici un experiment nu ar fi putut să o răstoarne. Cam acelaşi lucru se întîmplă şi cu generalizarea că oamenii de ştiinţă nu renunţă la paradigme în faţa anomaliilor sau contraexemplelor. Ei nu pot să procedeze astfel şi să rămînă în continuare oameni de ştiinţă.

Deşi istoria nu va reţine probabil numele lor, unii oameni de ştiinţă au fost, fără îndoială, constrînşi să părăsească ştiinţa datorită neputinţei lor de a tolera o criză. Ca şi artiştii, oamenii de ştiinţă creatori trebuie să fie în stare uneori să trăiască într-o lume dezarticulată. În altă parte, am descris această necesitate ca pe o „tensiune esenţială" implicată în cercetarea ştiinţifică[2]. Dar părăsirea ştiinţei pentru o altă ocupaţie este, cred, singurul tip de renunţare la paradigmă la care pot duce, prin ele însele, contraexemplele. De îndată ce a fost descoperită o primă paradigmă prin care este văzută natura, nu mai poate exista cercetare în lipsa unei paradigme. A renunţa la o paradigmă fără a o înlocui simultan cu alta înseamnă a renunţa la ştiinţa însăşi. Acest act se răsfrînge nu asupra paradigmei, ci asupra omului de ştiinţă. În mod inevitabil, colegii îl vor asemui „dulgherului care aruncă vina pe unelte".

Aceeaşi observaţie poate fi făcută şi în sens invers: nu există cercetare fără contraexemple. Căci ce anume diferenţiază ştiinţa normală de ştiinţa în stare de criză? Firește, nu faptul că cea dintîi nu ar fi confruntată cu contraexemple. Dimpotrivă, ceea ce am considerat mai înainte drept constituenţi ai ştiinţei normale, *puzzles*, există numai pentru că nici o paradigmă, care oferă o bază de cercetare ştiinţifică, nu-şi poate rezolva vreodată integral toate problemele. Iar acele paradigme, foarte puţine la număr, care păreau să rezolve tot (de pildă, optica geometrică) au încetat curînd să mai producă

[2] T. S. Kuhn, „The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research", în *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959), pp. 162—177. Cu privire la un fenomen comparabil printre artişti, vezi Frank Barron, „The Psychology of Imagination", *Scientific American*, September, 1958, 151—166, mai ales p. 160.

probleme de cercetare, devenind în schimb instrumente inginereşti. Cu excepţia celor exclusiv instrumentale, orice problemă considerată de ştiinţa normală drept un *puzzle* poate fi privită, dintr-un alt punct de vedere, ca un contraexemplu şi deci ca o sursă de criză. Copernic a văzut contraexemple acolo unde majoritatea celorlalţi urmaşi ai lui Ptolemeu văzuseră doar *puzzles* în confruntarea dintre observaţie şi teorie. Lavoisier văzuse un contraexemplu în ceea ce Priestley considera a fi un *puzzle* rezolvat cu succes în articularea teoriei flogisticului. La fel, Einstein a văzut contraexemple acolo unde Lorentz, Fitzgerald şi alţii văzuseră numai *puzzles* în articularea teoriilor lui Newton şi Maxwell. Pe de altă parte, chiar existenţa unei crize nu transformă, de la sine, un *puzzle* într-un contraexemplu. Nu există o asemenea linie categorică de demarcaţie. În schimb, prin proliferarea versiunilor paradigmei, criza slăbeşte regulile rezolvării normale a problemelor, permiţînd pînă la urmă apariţia unei noi paradigme. Cred că există numai două alternative: fie că nici o teorie ştiinţifică nu se află vreodată în faţa unui contraexemplu, fie că toate teoriile sînt confruntate permanent cu contraexemple.

Cum ar fi putut sta lucrurile altfel? Această întrebare implică o elucidare istorică şi critică din partea filozofiei; dar abordarea unor astfel de probleme este exclusă aici. Putem însă menţiona două raţiuni pentru care ştiinţa părea să ofere un exemplu atît de convingător al generalizării că adevărul şi falsitatea sînt unic şi precis determinate de confruntarea enunţurilor cu faptele. Ştiinţa normală se străduieşte (şi trebuie să se străduiască) permanent să realizeze o corespondenţă cît mai bună între teorie şi fapte; această activitate poate fi lesne privită ca o testare ori ca o căutare de confirmare sau de infirmare. În realitate, obiectivul ei este rezolvarea unui *puzzle*, pentru a cărui simplă existenţă trebuie presupusă validitatea paradigmei. Eşecul în obţinerea unei soluţii discreditează numai omul de ştiinţă, nu şi teoria. Aici, mai mult decît înainte, este valabil proverbul: „Este un prost dulgher cel care aruncă vina pe unelte". În plus, modul în care pedagogia ştiinţei încîlceşte înţelegerea unei teorii, cu remarci asupra aplicaţiilor ei exemplare, a contribuit la consolidarea unei teorii a confirmării, dedusă mai ales din alte surse. Stimulat cît de puţin în

acest sens, cititorul unui manual ştiinţific poate lua cu uşurinţă aplicaţiile teoriei ca dovezi în favoarea ei, ca temeiuri pentru care trebuie crezută. Dar studenţii în ştiinţe acceptă teoriile datorită autorităţii profesorului şi manualului şi nicidecum pe baza evidenţei. Ce altă alternativă au ei, sau cîtă competenţă pentru a nu le accepta? Aplicaţiile date în manuale nu se află acolo ca dovezi, ci pentru că învăţarea lor este o parte a învăţării paradigmei care stă la baza practicii curente. Dacă aplicaţiile ar fi prezentate ca dovezi, atunci însăşi neputinţa manualelor de a propune interpretări alternative sau de a discuta probleme pe care savanţii nu au reuşit să le rezolve în termenii paradigmei i-ar acuza pe autorii lor de părtinire dusă la extrem. Nu există însă nici un temei pentru o asemenea acuzaţie.

Pentru a ne întoarce la întrebarea iniţială: cum reacţionează deci savanţii cînd îşi dau seama de existenţa unei anomalii în corespondenţa dintre teorie şi natură? Cele spuse adineaori arată că chiar o discrepanţă mult mai mare decît cea întîlnită în alte aplicaţii ale teoriei nu solicită neapărat vreo reacţie foarte profundă. Există întotdeauna unele discrepanţe. De obicei, chiar şi cele mai îndărătnice se supun pînă la urmă ştiinţei normale. Foarte adesea, oamenii de ştiinţă sînt dispuşi să aştepte, mai ales dacă îi solicită numeroase probleme în alte zone ale domeniului lor. Am văzut, de pildă, că în cursul celor şaizeci de ani care s-au scurs după calculele iniţiale ale lui Newton, mişcarea prezisă a perigeului Lunii reprezentase numai jumătate din cea observată. În timp ce cei mai buni fizicieni ai Europei continuau să se lupte, fără succes, cu această discrepanţă notorie, începuseră să se facă auzite propuneri de modificare a legii newtoniene a pătratului invers. Totuşi, nimeni nu a luat în serios aceste propuneri, iar practica avea să le justifice răbdarea în faţa unei anomalii majore. În 1750, Clairaut a putut dovedi că de vină era numai aplicaţia matematică şi că teoria lui Newton rămînea la fel de validă ca şi înainte[3]. Chiar şi în cazurile în care nici o greşeală nu mai pare posibilă (poate pentru că matematica folosită este mai simplă sau de un tip familiar şi aplicat cu succes în alte ocazii),

[3] W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed.; London, 1847), II, 220–221.

o anomalie persistentă și recunoscută nu duce întotdeauna la criză. Nimeni nu a contestat serios teoria lui Newton datorită discrepanțelor, multă vreme admise, între predicțiile teoriei și viteza sunetului sau mișcarea planetei Mercur. Prima discrepanță a fost pînă la urmă, și cu totul neașteptat, rezolvată prin experimente asupra căldurii, realizate cu un scop diferit; a doua a dispărut o dată cu teoria relativității generalizate, în urma unei crize la a cărei izbucnire nu a contribuit cu nimic[4]. Nici una dintre aceste discrepanțe nu a părut suficient de fundamentală pentru a produce starea de *malaise* care însoțește o criză. Ele au putut fi recunoscute ca contraexemple și totuși lăsate la o parte, pentru cercetări ulterioare.

Reiese, deci, că pentru a produce o criză, anomalia trebuie să fie mai mult decît o simplă anomalie. Întotdeauna apar dificultăți, undeva, în ajustarea teoriei la natură; cele mai multe sînt rezolvate mai devreme sau mai tîrziu, adesea în situații care nu puteau fi prevăzute. Omul de știință care zăbovește asupra fiecărei anomalii observate nu face prea multă treabă. Trebuie deci să ne întrebăm ce anume face ca o anomalie să merite atenția unei investigații minuțioase și concertate; dar la această întrebare nu există probabil un răspuns absolut general. Cazurile pe care le-am examinat sînt caracteristice dar foarte puțin prescriptive. Uneori, o anomalie va pune la îndoială generalizări explicite și fundamentale ale paradigmei, așa cum a făcut-o problema vîntului de eter pentru cei care acceptau teoria lui Maxwell. Sau, ca în cazul revoluției copernicane, o anomalie aparent lipsită de importanță fundamentală poate provoca o criză dacă aplicațiile pe care ea le stînjenește au o importanță practică deosebită; în acest caz, relativ la alcătuirea calendarului și la astrologie. Sau, cum s-a întîmplat în chimia secolului al optsprezecelea, dezvoltarea științei normale poate transforma într-o sursă de criză o anomalie care fusese pînă atunci doar prilej de enervare; problema raporturilor de greutate a căpătat un statut cu totul diferit după elaborarea metodelor chimiei pneumatice.

[4] Pentru viteza sunetului, vezi **T. S. Kuhn**, „The Caloric Theory of Adiabatic Compression", *Isis*, XLIV (1958), 136—137. Pentru schimbarea o dată la un secol a periheliului lui Mercur, vezi E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (London, 1953), 151, 179.

Mai sînt probabil şi alte circumstanţe în care o anomalie poate deveni extrem de presantă şi, de obicei, se vor combina mai multe asemenea circumstanţe. Am văzut, de pildă, că o cauză a crizei cu care a fost confruntat Copernic a fost pur şi simplu prelungirea perioadei în care astronomii încercau, fără succes, să reducă discrepanţele rămase în sistemul lui Ptolemeu.

Cînd, din astfel de motive sau altele asemănătoare, o anomalie ajunge să pară mai mult decît o simplă problemă de ştiinţă normală, putem spune că a început tranziţia spre criză şi spre ştiinţa extraordinară. Anomalia însăşi se bucură acum de o recunoaştere mai generală din partea comunităţii ştiinţifice. Din ce în ce mai mulţi savanţi eminenţi ai domeniului respectiv îi acordă o atenţie tot mai mare. Dacă anomalia continuă să reziste, ceea ce de obicei nu se întîmplă, mulţi dintre oamenii de ştiinţă pot ajunge să considere rezolvarea ei ca *obiect* al disciplinei lor. Pentru ei, domeniul nu va mai avea aspectul pe care îl avusese înainte. Schimbarea de aspect se datorează în parte noului centru de interes al investigaţiei ştiinţifice. O sursă şi mai importantă de schimbare este natura divergentă a numeroaselor soluţii parţiale generate de atenţia colectivă acordată problemei. Atacurile iniţiale asupra problemei rezistente la soluţionare vor fi urmat cu stricteţe regulile paradigmei. Dar pe măsură ce rezistenţa opusă de problemă nu cedează, tot mai multe abordări ale ei vor implica unele articulări minore, sau nu tocmai minore, ale paradigmei, diferite între ele, fiecare parţial reuşită, dar nici una suficient de reuşită pentru ca grupul ştiinţific să o accepte ca paradigmă. Prin această proliferare a articulărilor divergente (care, din ce în ce mai des, vor ajunge să fie descrise ca ajustări *ad hoc*), regulile ştiinţei normale se estompează tot mai mult. Deşi mai există o paradigmă, puţini practicieni vor mai fi întru totul de acord cu ea. Sînt puse la îndoială chiar şi soluţiile, pînă atunci considerate standard, ale problemelor rezolvate.

Cînd devine acută, această situaţie este uneori recunoscută de oamenii de ştiinţă implicaţi. Copernic se plîngea că, în vremea sa, astronomii erau într-atît de „inconsecvenţi în cercetări [astronomice]... încît nu puteau nici măcar să explice sau să observe durata constantă a anului calendaristic". „Cu ei — continua Co-

pernic — se întîmplă ca și cu un artist care ar trebui să adune pentru desenele sale mîini, picioare, cap și alte membre din diferite modele, fiecare parte fiind excelent desenată, dar, neintegrîndu-se unui singur corp și nepotrivindu-se deloc, rezultatul va fi mai degrabă un monstru decît un om"[5]. Einstein, constrîns de uzanțele curente la un limbaj mai puțin împodobit, remarca doar că „era ca și cum ți-ar fi fugit pămîntul de sub picioare, rămînînd fără o fundație solidă pe care se putea construi"[6]. Cu cîteva luni înainte de apariția articolului lui Heisenberg despre mecanica matriceală care avea să deschidă calea unei noi teorii cuantice, Wolfgang Pauli scria unui prieten: „În prezent, fizica este din nou într-o stare de teribilă confuzie. În orice caz, este o situație prea dificilă pentru mine și doresc să fi fost un artist de cinema sau ceva asemănător și să nu fi auzit niciodată de fizică". Această mărturisire este deosebit de impresionantă dacă o comparăm cu ceea ce avea să spună Pauli cinci luni mai tîrziu: „Tipul de mecanică al lui Heisenberg mi-a redat speranța și bucuria de a trăi. Firește că ea nu soluționează misterul, dar cred că este din nou posibil să mergem înainte"[7].

Asemenea recunoașteri explicite ale dezastrului sînt extrem de rare, dar efectele crizei nu depind întru totul de recunoașterea ei conștientă. Ce putem spune despre natura acestor efecte? Numai două dintre ele par să fie universale. Toate crizele încep cu estomparea unei paradigme și, deci, slăbirea regulilor cercetării normale. În această privință, cercetarea din timpul crizei seamănă foarte mult cu cercetarea din perioada preparadigmatică, cu excepția faptului că, în primul caz, focarul divergențelor este mai restrîns și mai precis definit. Și toate crizele se încheie într-unul din următoarele trei moduri. Uneori, știința normală se dovedește pînă la urmă în stare să rezolve problema care a provocat criza, în ciuda disperării celor care văzuseră în ea sfîrșitul paradigmei existente.

---

[5] Citat în **T. S. Kuhn**, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), p. 138.

[6] Albert Einstein, „Autobiographical Note", în *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. P. A. Schilpp (Evanston, III, 1949), p. 45.

[7] **Ralph Kronig**, „The Turning Point", în *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ed. M. Fierz și V.F. Weisskopf (New York, 1960), pp. 22, 25—26. O mare parte a acestui articol descrie criza în mecanica cuantică din anii dinainte de 1925.

În alte ocazii, problema rezistă chiar şi unor abordări aparent cu totul noi. Atunci, oamenii de ştiinţă pot conchide că, în starea actuală a domeniului lor, nu se poate ajunge la nici o soluţie. Problema este înregistrată şi lăsată pe seama unei generaţii viitoare, înzestrată cu instrumente mai bune. Sau, în sfîrşit, cazul care ne va interesa cel mai mult aici, o criză se poate încheia prin apariţia unui nou candidat la statutul de paradigmă şi prin lupta care urmează pentru acceptarea sa. Acest ultim mod va fi considerat pe larg în secţiunile următoare; vom anticipa însă puţin cele ce vor fi spuse acolo pentru a completa remarcile privitoare la evoluţia şi anatomia stării de criză.

Tranziţia de la o paradigmă aflată în criză la o nouă paradigmă, care va genera o nouă tradiţie de ştiinţă normală, este departe de a fi un proces cumulativ, realizat prin articularea sau extinderea vechii paradigme. Este vorba, mai degrabă, de o reconstrucţie a domeniului pe noi baze, o reconstrucţie care modifică unele din generalizările teoretice cele mai fundamentale ale domeniului, ca şi multe din metodele şi aplicaţiile lor paradigmatice. În cursul perioadei de tranziţie, va exista o suprapunere mare, dar niciodată completă, între problemele care pot fi rezolvate de vechea şi, respectiv, de noua paradigmă. Dar va exista de asemenea o diferenţă decisivă în modurile de rezolvare. La sfîrşitul perioadei de tranziţie, specialiştii îşi vor fi schimbat concepţia asupra domeniului, metodele şi scopurile lor. Un istoric perspicace, referindu-se la un caz clasic de reorientare a unei ştiinţe prin schimbarea paradigmei, îl descria recent ca „apucare a băţului de celălalt capăt", ca pe un proces care implică „operarea cu acelaşi mănunchi de date ca şi mai înainte, dar situarea lor într-un nou sistem de relaţii, dîndu-le un cadru diferit"[8]. Alţii, remarcînd acest aspect al evoluţiei ştiinţifice, au subliniat asemănarea lui cu o schimbare în *gestalt*-ul vizual: semnele de pe hîrtie, văzute mai înainte ca pasăre, sînt acum văzute ca antilopă, sau viceversa[9]. Paralela poate induce în eroare. Oamenii de ştiinţă nu văd ceva *ca* altceva; dimpotrivă, ei văd pur şi simplu ceva Am examinat deja unele din problemele care apar atunci cînd afirmăm că Priestley a văzut oxigenul ca aer deflo-

[8] **Herbert Butterfield,** *The Origins of Modern Science, 1300—1800* (London, 1949), pp. 1—7.

[9] **Hanson,** *op. cit.*, cap. I.

gisticat. În plus, omul de știință nu dispune de libertatea subiectului din experimentul gestaltist de a trece de la un mod de a vedea la altul. Totuși, modificarea *gestalt*-ului, fiind atît de familiară astăzi, rămîne un prototip elementar util a ceea ce se petrece, pe scară largă, într-o schimbare de paradigmă.

Cele anticipate mai sus ne pot ajuta să înțelegem criza ca preludiul apariției unor noi teorii, mai ales întrucît am examinat deja versiunea restrînsă a aceluiași proces cu ocazia discutării apariției descoperirilor. Tocmai pentru că apariția unei noi teorii rupe cu o tradiție de practică științifică și introduce o alta nouă, realizată după reguli diferite și într-un univers de discurs diferit, ea are șanse să se producă numai atunci cînd oamenii de știință simt că cea dintîi tradiție a luat-o pe un drum într-adevăr greșit. Dar această remarcă nu este mai mult decît o prefață la investigarea stării de criză și, din nefericire, întrebările pe care ea le ridică solicită mai mult competența psihologului decît a istoricului. Cum arată cercetarea extraordinară? Cum devine anomalia lege? Cum procedează oamenii de știință atunci cînd devin conștienți doar de faptul că există o defecțiune fundamentală la un nivel la care pregătirea lor nu îi poate ajuta? Aceste întrebări solicită mult mai multă investigație, care nu ar trebui să fie numai istorică. Cele ce urmează vor fi inevitabil mai ipotetice și mai incomplete decît cele spuse pînă acum.

Adeseori, o nouă paradigmă își face apariția, cel puțin în embrion, înainte ca criza să se fi adîncit prea mult sau să fi fost explicit recunoscută. Opera lui Lavoisier ne oferă un exemplu în această privință. Nota sa sigilată a fost depusă la Academia Franceză la mai puțin de un an după primul studiu amănunțit al raporturilor de greutate în teoria flogisticului și înainte ca lucrările publicate de Priestley să fi dezvăluit adevărata măsură a crizei din chimia pneumatică. La fel, primele lucrări de teorie ondulatorie a luminii, ale lui Thomas Young, au apărut chiar la începutul unei crize în optică, o criză care ar fi trecut aproape neobservată dacă, fără nici o contribuție din partea lui Young, nu ar fi luat proporțiile unui scandal științific internațional, cam la un deceniu după apariția acestor prime lucrări. S-ar putea spune că, în asemenea cazuri, numai o mică breșă în paradigmă și un început de estompare a regulilor sale de ghidare a științei

normale au fost suficiente pentru a induce în cineva un nou mod de a privi domeniul. Ceea ce a intervenit între prima senzaţie că ceva nu este în ordine şi recunoaşterea unei alternative disponibile trebuie să fi fost, în mare măsură, inconştient.

În alte cazuri însă — de pildă, cele ale lui Copernic, Einstein şi al teoriei nucleare contemporane — s-a scurs o perioadă considerabilă de timp între prima conştientizare a breşei şi apariţia unei noi paradigme. În astfel de cazuri, istoricul poate surprinde măcar cîteva crîmpeie din ştiinţa extraordinară. În faţa unei anomalii admisă ca fundamentală în teorie, primul efort al omului de ştiinţă va fi, adesea, cel de a o delimita mai precis şi de a-i da o structură. Deşi conştient acum că nu mai pot fi întru totul adecvate, el va forţa mai mult ca oricînd regulile ştiinţei normale spre a stabili unde anume şi cît de departe pot opera ele în zona anomaliei. Simultan, el va căuta posibilităţi de a lărgi breşa, de a o face mai izbitoare şi poate mai sugestivă decît fusese evidenţiată în experimentele al căror rezultat era considerat cunoscut dinainte. Iar din acest din urmă efort, mai mult decît în oricare altă parte a dezvoltării postparadigmatice a ştiinţei, el se va apropia cel mai mult de imaginea noastră dominantă despre omul de ştiinţă. În primul rînd, el va părea, adeseori, un om care cercetează la întîmplare, care experimentează doar pentru a vedea ce se întîmplă şi care caută un efect a cărui natură îi este cu totul necunoscută. În acelaşi timp, pentru că nici un experiment nu poate fi conceput fără vreo teorie, omul de ştiinţă aflat în criză va încerca permanent să construiască teorii speculative care, dacă reuşesc, pot indica drumul spre o nouă paradigmă, iar dacă nu reuşesc, pot fi abandonate cu destulă uşurinţă.

Relatarea lui Kepler despre lupta sa îndelungată cu mişcarea planetei Marte şi descrierea pe care o face Priestley despre răspunsul său la proliferarea noilor gaze oferă exemple clasice de cercetări făcute mai mult la întîmplare, generate de conştiinţa anomaliei [10]. Dar, probabil, cele

[10] Pentru o prezentare a cercetărilor lui Kepler asupra lui Marte, vezi **J. L. E. Dreyer**, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (2d ed., New York, 1953), pp. 380—393. Inexactităţile de circumstanţă nu împiedică lucrarea lui Dreyer să ofere materialul necesar aici. Pentru Priestley, vezi propriile sale lucrări, mai ales *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (London, 1774—1775).

mai bune exemple le găsim în cercetarea contemporană din teoria cîmpului și a particulelor elementare. În lipsa unei crize care să fi impus necesitatea de a se vedea cît de departe se poate merge cu regulile științei normale, ar mai fi părut justificat imensul efort făcut pentru detectarea neutrinului? Sau, dacă regulile nu ar fi eșuat evident într-un punct necunoscut, ar mai fi fost vreodată sugerată sau testată ipoteza emisă a neconservării parității? Asemeni multor altor cercetări din fizica ultimului deceniu, aceste experimente au fost, în parte, încercări de a localiza și defini sursa unor anomalii încă neclare.

Acest fel de cercetare extraordinară este adeseori, deși nicidecum întotdeauna, însoțit de un altul. Cred că, mai ales în perioadele de criză recunoscută, oamenii de știință au recurs la analiza filozofică ca un procedeu de a lămuri enigmele domeniului lor. În general, oamenii de știință nu au avut nevoie și nu au dorit să fie filozofi. Într-adevăr, știința normală ține de obicei la distanță filozofia creativă și, probabil, din motive justificate. În măsura în care cercetarea normală poate fi întreprinsă folosind paradigma ca model, regulile și presupozițiile nu au nevoie să fie explicitate. În secțiunea V, notam că ansamblul explicit de reguli, pe care-l caută analiza filozofică, poate să nici nu existe. Dar căutarea presupozițiilor (chiar și a celor neexistente) poate fi un mod eficace de a slăbi puterea pe care tradiția o exercită asupra minții omului de știință și de a propune bazele unei noi tradiții. Nu este deloc întîmplător faptul că apariția fizicii newtoniene, în secolul al șaptesprezecelea, a relativității și mecanicii cuantice, în secolul al douăzecilea, au fost atît precedate cît și însoțite de analize filozofice fundamentale ale tradiției de cercetare contemporană[11]. La fel cum nu este o întîmplare că, în ambele aceste perioade, așa-numitul experiment mintal a jucat un rol atît de decisiv în progresul cercetării. Așa cum am arătat în altă parte, experimentele mintale analitice, care au avut o atît de mare importanță în scrierile lui Galileu, Einstein, Bohr și ale altora, sînt perfect calculate să supună vechea paradigmă cunoașterii

[11] Pentru contraargumentul filozofic care a însoțit mecanica secolului al șaptesprezecelea, vezi **René Dugas**, *La mécanique au XVII^e siècle* (Neuchâtel, 1954), mai ales cap. XI. Pentru un episod similar din secolul al nouăsprezecelea, vezi lucrarea anterioară a aceluiași autor, *Histoire de la mécanique* (Neuchâtel, 1950), pp. 419—443.

existente astfel încît rădăcinile crizei să fie identificate cu o claritate care nu poate fi atinsă în laborator [12].

Odată cu aplicarea separată sau comună a acestor proceduri extraordinare, se mai poate întîmpla un lucru. Concentrînd atenţia ştiinţifică asupra unei zone restrînse de dificultate şi pregătind conştiinţa ştiinţifică să recunoască anomaliile experimentale aşa cum sînt, criza produce adesea noi descoperiri. Am văzut cum conştiinţa crizei distinge cercetările lui Lavoisier asupra oxigenului de cele ale lui Priestley; iar oxigenul nu a fost singurul gaz nou pe care chimiştii, conştienţi de anomalie, au putut să-l descopere în cercetările lui Priestley. La fel, noi descoperiri în optică s-au acumulat rapid tocmai înainte şi în cursul apariţiei teoriei ondulatorii a luminii. Unele din ele, precum polarizarea prin reflexie, au fost rezultatul unor accidente cărora cercetarea concentrată în zona dificultăţilor le-a sporit probabilitatea. (Malus, care a făcut descoperirea, tocmai începuse să lucreze pentru premiul Academiei privind dubla refracţie, o temă despre care se ştia că se află într-o stare nesatisfăcătoare.) Altele, cum ar fi pata de lumină din centrul umbrei unui disc circular, erau predicţii din noua ipoteză, al căror succes a contribuit la transformarea ei într-o paradigmă pentru cercetări ulterioare. Iar altele, precum culorile franjelor de interferenţă în lumină naturală, erau efecte care fuseseră des observate şi ocazional remarcate înainte, dar care, asemeni oxigenului lui Priestley, fuseseră asimilate unor efecte bine cunoscute de o manieră care împiedica desluşirea adevăratei lor naturi [13]. O explicaţie similară poate fi dată multiplelor descoperiri care, din 1895, au însoţit permanent formarea mecanicii cuantice.

Cercetarea extraordinară trebuie să aibă şi alte manifestări şi efecte, dar în acest domeniu de-abia am început să descoperim întrebările care trebuie puse. Dar poate că aici nu este nevoie să mai adăugăm ceva. Remarcile anterioare pot indica, în măsură suficientă, cum criza slăbeşte stereotipurile şi simultan furnizează date suplimentare

[12] T. S. Kuhn, „A Function for Thought Experiments" in *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton şi I. B. Cohen, Hermann (Paris), 1963.

[13] Pentru noile descoperiri optice, în general, vezi V. Ronchi, *Histoire de la lumière* (Paris, 1956), cap. VII. Pentru o explicaţie anterioară a unuia din aceste efecte, vezi J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (London, 1772), pp. 498—520.

necesare unei schimbări fundamentale de paradigmă. Uneori, contururile noii paradigme sînt prefigurate în structura pe care cercetarea extraordinară a dat-o anomaliei. Einstein scria că, înainte să fi avut vreun înlocuitor pentru mecanica clasică, putea vedea interrelaţia dintre anomaliile cunoscute ale radiaţiei corpului negru, efectul fotoelectric şi căldurile specifice [14]. De obicei, nici o asemenea structură nu este conştient văzută dinainte. Dimpotrivă, noua paradigmă — sau o sugestie suficientă pentru a permite articulări ulterioare — apare dintr-odată, uneori în mijlocul nopţii, în mintea unui om adînc scufundat în criză. Care este natura acestui stadiu final, cum inventează individul (sau află că a inventat) un nou mod de a ordona datele, reunite toate acum — acestea sînt întrebări al căror răspuns rămîne aici necunoscut şi poate pentru totdeauna. Să notăm însă un singur lucru în această privinţă. Aproape totdeauna, oamenii care au realizat aceste invenţii fundamentale, ale unei noi paradigme, au fost fie foarte tineri, fie foarte novici în domeniul a cărui paradigmă o schimbă [15]. Şi poate că această idee nu trebuie explicitată, căci evident e vorba despre oameni care, fiind puţin angajaţi prin practica anterioară faţă de regulile tradiţionale ale ştiinţei normale, au deosebit de multe şanse să observe că aceste reguli nu mai definesc un joc care poate fi jucat şi să conceapă alte reguli în schimb.

Tranziţia spre o nouă paradigmă este o revoluţie ştiinţifică — un subiect pe care sîntem în sfîrşit pregătiţi să-l abordăm în mod direct. Să notăm, însă, mai înainte, un ultim şi aparent insesizabil aspect privind modul în care conţinutul ultimelor trei secţiuni a pregătit calea pentru cele ce urmează. Pînă la secţiunea a VI-a, în care a fost introdus, pentru prima oară, conceptul de anomalie, termenii „revoluţie" şi „ştiinţă extraordinară" ar fi putut părea echivalenţi. Mai important este faptul că nici unul

---

[14] Einstein, *op. cit.*

[15] Ideea despre rolul tinereţii în cercetarea ştiinţifică fundamentală este într-atît de comună încît a devenit un clişeu. Dealtfel, o privire aruncată asupra aproape oricărei liste de contribuţii fundamentale la teoria ştiinţifică va oferi o confirmare impresionantă. Totuşi, această generalizare are mereu nevoie de o investigare sistematică. Harvey C. Lehman (*Age and Achievement* [Princeton, 1953]) furnizează multe date utile; dar studiile sale nu fac nici o încercare de a selecta contribuţii care implică reconceptualizări fundamentale, după cum nu investighează condiţiile speciale (dacă există) care pot însoţi o productivitate relativ tîrzie în ştiinţe.

din termeni nu părea să însemne mai mult decît „știința a-normală" — o circularitate care va fi neliniștit cel puțin cîțiva cititori, fără să fi fost de fapt nevoie. Sîntem pe cale să descoperim că o circularitate asemănătoare este caracteristică teoriilor științifice. Supărătoare sau nu, această circularitate nu mai este nespecificată. Această secțiune și cele două care au precedat-o au scos la iveală numeroase caracteristici ale eșecului din activitatea științifică normală, caracteristici care nu depind cîtuși de puțin de faptul că eșecul este urmat sau nu de revoluție. Confruntați cu anomalii sau crize, oamenii de știință iau o atitudine diferită față de paradigmele existente, iar natura cercetării lor se modifică corespunzător. Proliferarea versiunilor competitive, dorința de a încerca orice, exprimarea deschisă a nemulțumirii, recursul la filozofie și punerea în discuție a fundamentelor — toate acestea sînt simptome ale tranziției de la cercetarea normală la cea extraordinară. Noțiunea de știință normală depinde mai mult de existența lor decît de cea a revoluțiilor.

# IX. NATURA ŞI NECESITATEA REVOLUŢIILOR ŞTIINŢIFICE

Aceste remarci ne permit, în sfîrşit, să discutăm problemele care au dus la titlul acestui eseu. Ce sînt revoluţiile ştiinţifice şi care este funcţia lor în dezvoltarea ştiinţei? O mare parte din răspunsul la aceste întrebări a fost anticipată în secţiunile anterioare. În particular, am arătat că revoluţiile ştiinţifice sînt considerate aici drept acele episoade de dezvoltare necumulativă în care o paradigmă mai veche este înlocuită, integral sau parţial, de o nouă paradigmă, incompatibilă cu ea. Dar sînt mai multe de spus în această privinţă; de aceea, vom merge mai departe, încercînd să răspundem la o altă întrebare. De ce numim o schimbare de paradigmă revoluţie? În faţa diferenţelor mari şi esenţiale dintre dezvoltarea politică şi ceea ştiinţifică, ce paralelism poate justifica metafora care descoperă revoluţii în ambele cazuri?

Un aspect al paralelismului trebuie să se fi impus deja. Revoluţiile politice sînt inaugurate de conştiinţa tot mai acută, adesea restrînsă la un segment al comunităţii politice, că instituţiile existente au încetat să mai facă faţă adecvat problemelor puse de un mediu pe care ele l-au creat în parte. Aproape asemănător, revoluţiile ştiinţifice sînt inaugurate de conştiinţa tot mai acută, adesea restrînsă la o subdiviziune îngustă a comunităţii ştiinţifice, că paradigma existentă a încetat să mai funcţioneze adecvat în explorarea unui aspect al naturii pe care însăşi paradigma îl dezvăluise anterior. În dezvoltarea politică, la fel ca în

cea ştiinţifică, conştiinţa proastei funcţionări, care poate duce la criză, este o condiţie necesară a revoluţiei. Apoi, forţînd evident metafora, acest paralelism este valabil nu numai în cazul schimbărilor majore de paradigmă, ca cele atribuite lui Copernic şi Lavoisier, dar şi în cazul unora mult mai mici, însoţite de asimilarea unui nou tip de fenomen, cum ar fi oxigenul sau razele X. Aşa cum notam la sfîrşitul secţiunii a V-a, revoluţiile ştiinţifice par revoluţionare numai celor ale căror paradigme sînt afectate de ele. Celor din afară le pot părea, asemeni revoluţiilor din Balcani de la începutul acestui secol, părţi normale ale unui proces de dezvoltare. Astronomii, de pildă, pot accepta razele X ca o simplă creştere a cunoaşterii, deoarece paradigmele lor nu au fost afectate de descoperirea acestora. Dar pentru oameni ca Kelvin, Crookes şi Roentgen, ale căror cercetări operau cu teoria radiaţiei sau cu tuburi cu raze catodice, apariţia razelor X a ruinat inevitabil o paradigmă, creînd o alta. Iată de ce aceste raze puteau fi descoperite numai printr-o defecţiune în cercetarea normală.

Acest aspect genetic al paralelei dintre dezvoltarea politică şi ştiinţifică nu ar mai trebui pus la îndoială. Paralela are însă un al doilea aspect, mai profund, de care depinde semnificaţia celui dintîi. Revoluţiile politice vizează să schimbe instituţii politice pe căi interzise de înseşi aceste instituţii. Reuşita lor implică deci renunţarea parţială la o mulţime de instituţii în favoarea unei alteia, în acest răstimp societatea nefiind pe deplin guvernată de vreo instituţie. Iniţial, criza singură este cea care diminuează rolul instituţiilor politice, aşa cum am văzut deja că diminuează rolul paradigmelor. Tot mai multe persoane devin tot mai înstrăinate de viaţa politică şi se comportă din ce în ce mai anormal în cadrul ei. Apoi, pe măsură ce criza se adînceşte, multe dintre aceste persoane adoptă una din propunerile concrete pentru reconstrucţia societăţii într-un nou cadru instituţional. În acel moment, societatea este divizată în tabere sau partide adverse, una căutînd să apere vechea structură instituţională, celelalte încercînd să instituie o alta nouă. Şi, odată realizată această polarizare, *recursul la mijloace politice nu mai este suficient.* Întrucît diferă în privinţa matricei instituţionale în care trebuie realizată şi evaluată schimbarea politică, întrucît nu mai recunosc nici un cadru supra-instituţional pentru rezolvarea diferendului revoluţionar,

părțile angajate într-un conflict revoluționar trebuie pînă la urmă să recurgă la metodele convingerii de masă, incluzînd adesea forța. Deși revoluțiile au avut un rol vital în evoluția instituțiilor politice, acest rol depinde de faptul că sînt, parțial, evenimente extrapolitice sau extrainstituționale.

Restul acestui eseu vrea să dovedească că studiul istoric al schimbării paradigmelor dezvăluie caracteristici foarte asemănătoare în evoluția științelor. Asemenea alegerii între instituții politice rivale, cea între paradigme rivale se dovedește a fi o alegere între moduri incompatibile de viață comunitară. Întrucît are acest caracter, alegerea nu este și nu poate fi determinată numai de procedurile evaluative, caracteristice științei normale, pentru că acestea depind, în parte, de o anumită paradigmă și tocmai acea paradigmă este pusă în discuție. Cînd paradigmele intră (așa cum trebuie să se întîmple) într-o controversă asupra alegerii paradigmei, rolul lor este inevitabil circular. Fiecare grup folosește propria sa paradigmă pentru a argumenta în favoarea ei.

Circularitatea care rezultă astfel nu produce, firește, argumente greșite sau inoperante. Cel care ia o paradigmă drept premisă cînd argumentează în favoarea ei poate, totuși, oferi o prezentare clară a ceea ce va fi practica științifică pentru cei care adoptă noua concepție despre natură. Această prezentare poate fi extrem de convingătoare. Totuși, oricare ar fi forța lui, statutul argumentului circular este numai cel al convingerii. El nu poate fi transformat într-un argument logic sau chiar probabilistic convingător pentru cei care refuză să intre în joc. Premisele și valorile, împărtășite de cele două tabere angajate într-o controversă asupra paradigmelor, nu sînt suficient de cuprinzătoare pentru aceasta. Ca și în revoluțiile politice, și în alegerea paradigmelor, nu există un criteriu mai puternic decît asentimentul comunității relevante. Pentru a descoperi cum au loc revoluțiile științifice, va trebui deci să examinăm nu numai impactul naturii și logicii, dar și tehnicile de argumentare persuasivă care operează în grupurile cu totul speciale care constituie comunitatea oamenilor de știință.

Pentru a descoperi de ce această problemă a alegerii între paradigme nu poate fi tranșant rezolvată numai prin logică și experiment, trebuie să examinăm pe scurt natura

diferenţelor care îi separă pe adepţii unei paradigme tradiţionale de urmaşii lor revoluţionari. Această examinare formează obiectul principal al acestei secţiuni şi al următoarei. Am înregistrat numeroase exemple de asemenea diferenţe şi nimeni nu se va mai îndoi că istoria ne mai poate oferi şi multe altele. Ceea ce poate fi mai îndoielnic decît existenţa lor, şi deci trebuie examinat în primul rînd, este faptul că asemenea exemple oferă informaţii esenţiale despre natura ştiinţei. Admiţînd că respingerea paradigmelor a fost un fapt istoric, dovedeşte aceasta mai mult decît existenţa credulităţii şi confuziei omeneşti? Există temeiuri intrinseci pentru care asimilarea unui nou tip de fenomene sau a unei noi teorii ştiinţifice trebuie să implice respingerea unei paradigme mai vechi?

Să observăm, în primul rînd, că dacă există asemenea temeiuri, ele nu derivă din structura logică a cunoaşterii ştiinţifice. În principiu, apariţia unui nou fenomen poate să nu se repercuteze distructiv asupra vreunei părţi a vechii practici ştiinţifice. În timp ce descoperirea vieţii pe Lună ar distruge paradigmele existente (întrucît acestea ne dau informaţii despre Lună care sînt incompatibile cu existenţa vieţii acolo), descoperirea vieţii într-o parte mai puţin cunoscută a galaxiei nu ar avea acelaşi efect. În acelaşi sens, o nouă teorie nu trebuie neapărat să intre în conflict cu vreuna din predecesoarele sale. Ea ar putea trata, exclusiv, fenomene anterior necunoscute, aşa cum teoria cuantică tratează (dar, în mod semnificativ, nu exclusiv) fenomene subatomice necunoscute înaintea secolului al douăzecilea. De asemenea, noua teorie poate fi pur şi simplu o teorie de un nivel mai înalt decît cele cunoscute anterior — o teorie care corelează un întreg grup de teorii de nivel mai scăzut, fără a schimba substanţial vreuna din ele. Astăzi, teoria conservării energiei oferă tocmai asemenea corelaţii între dinamică, chimie, electricitate, optică, teoria căldurii etc. Pot fi concepute şi alte relaţii compatibile între teorii vechi şi noi. Oricare din ele ar putea fi exemplificată de procesul istoric al dezvoltării ştiinţei. Dacă lucrurile ar sta astfel, dezvoltarea ştiinţifică ar fi realmente cumulativă. Noile tipuri de fenomene ar dezvălui într-un segment al naturii o ordine care nu fusese remarcată înainte. În evoluţia ştiinţei, noile cunoştinţe ar înlocui mai degrabă ignoranţa decît cunoştinţe de alt tip, incompatibil.

Firește că știința (sau vreo altă întreprindere, mai puțin eficientă) s-ar fi putut dezvolta în acest mod în întregime cumulativ. Mulți oameni au crezut acest lucru, iar cei mai mulți par încă să presupună că acumularea este cel puțin idealul pe care l-ar fi evidențiat dezvoltarea istorică, dacă nu ar fi fost atît de des deformată de idiosincrazia umană. Există importante temeiuri în sprijinul acestei opinii. Vom vedea în secțiunea a X-a cît de intimă este întrepătrunderea dintre concepția despre știință-ca-acumulare și o epistemologie dominantă care consideră cunoașterea o construcție pe care intelectul o ridică direct pe datele brute ale simțurilor. Iar în secțiunea a XI-a, vom examina confirmarea puternică pe care o dau metodele de educație științifică efectivă aceleiași scheme istoriografice. Totuși, în ciuda imensei plauzibilități a acestei imagini ideale, avem tot mai multe motive să ne întrebăm dacă ea poate fi o imagine a *științei*. După perioada preparadigmatică, asimilarea tuturor noilor teorii și a aproape tuturor noilor tipuri de fenomene impune de fapt distrugerea unei paradigme anterioare și, deci, conflictul dintre școli rivale de gîndire științifică. Acumularea de noutăți neanticipate se dovedește a fi o excepție aproape inexistentă la regula dezvoltării științifice. Cel care consideră cu seriozitate faptul istoric trebuie să bănuiască că știința nu tinde spre idealul sugerat de imaginea dezvoltării ei cumulative și că, poate, ea reprezintă un alt tip de întreprindere umană.

Dacă, însă, fapte incontestabile ne pot conduce la această concluzie, atunci o reexaminare a drumului pe care l-am parcurs ar putea arăta că acumularea noutăților științifice nu este numai rară, dar și improbabilă, în principiu. Cercetarea normală, care *este* cumulativă, își datorează succesul capacității oamenilor de știință de a alege regulat probleme care pot fi rezolvate cu tehnici conceptuale și instrumentale asemănătoare celor deja existente. (Iată de ce o preocupare excesivă pentru probleme utile, indiferent de raportul lor față de cunoașterea și tehnica existentă, poate atît de ușor inhiba dezvoltarea științifică.) Cel care se străduiește să rezolve o problemă, definită de cunoașterea și tehnica existentă, nu caută pur și simplu la întîmplare. El știe ce vrea să obțină, astfel încît își proiectează instrumentele și își orientează ideile în mod corespunzător. Noutatea neanticipată, noua descoperire, poate surveni

numai în măsura în care anticipările sale în privinţa naturii şi instrumentele sale se dovedesc greşite. Adeseori, importanţa descoperirii rezultate va fi, ea însăşi, proporţională cu întinderea şi rezistenţa anomaliei care a prefigurat-o. Este evident, deci, că trebuie să existe un conflict între paradigma care scoate la iveală anomalia şi cea care, mai tîrziu, o ridică la rangul de lege. Exemplele de descoperiri prin distrugerea paradigmei (examinate în secţiunea a VI-a) nu ne-au pus în faţa unor simple accidente istorice. Nu există nici o altă modalitate efectivă în care ar putea fi generate descoperiri.

Acelaşi argument se aplică, şi mai clar, inventării noilor teorii. Există, în principiu, numai trei tipuri de fenomene în raport cu care ar putea fi elaborată o nouă teorie. Primul constă din fenomene deja explicate satisfăcător de paradigmele existente şi care oferă rareori motive sau puncte de plecare pentru construcţia unei teorii; cînd o fac, aşa cum s-a întîmplat cu cele trei anticipări celebre, discutate în încheierea secţiunii a VII-a, teoriile care rezultă sînt rareori acceptate, întrucît natura nu oferă vreo bază de discriminare. O a doua clasă de fenomene constă din cele a căror natură este indicată de paradigmele existente, dar ale căror detalii pot fi înţelese numai prin articulare teoretică ulterioară. Acestea sînt fenomene supuse cercetării, o mare parte din vreme, dar cercetarea vizează aici mai degrabă articularea paradigmelor existente decît inventarea unora noi. Numai cînd asemenea încercări de articulare eşuează, oamenii de ştiinţă întîlnesc un al treilea tip de fenomene, anomaliile recunoscute a căror trăsătură caracteristică este refuzul lor încăpăţînat de a fi asimilate de paradigmele existente. Numai acest tip dă naştere unor noi teorii. Paradigmele oferă tuturor fenomenelor (cu excepţia anomaliilor) un loc, determinat de teorie, în cîmpul vizual al omului de ştiinţă.

Dar dacă se face apel la noi teorii pentru a rezolva anomaliile apărute între o teorie existentă şi natură, atunci noua teorie plină de succes trebuie să permită undeva predicţii care să fie diferite de cele derivate din predecesoarea ei. Diferenţa poate să nu apară dacă cele două teorii ar fi logic compatibile. În procesul asimilării ei, cea de a doua teorie trebuie să o înlocuiască pe prima. Chiar şi o teorie ca aceea a conservării energiei, care pare astăzi o suprastructură logică corelată naturii numai prin teorii sta-

bilite independent, nu s-a dezvoltat istoric fără distrugerea unor paradigme. Dimpotrivă, ea a apărut dintr-o criză în care un element esențial era incompatibilitatea dintre dinamica newtoniană și unele consecințe recent formulate ale teoriei calorice a căldurii. Numai după abandonarea teoriei calorice, conservarea energiei a putut să devină o parte a științei [1]. Și numai după ce a fost o parte a științei pentru cîtăva vreme, ea a putut deveni o teorie de un tip logic mai înalt, care nu intra în conflict cu predecesoarele ei. Este greu de înțeles cum ar putea apărea noi teorii fără asemenea schimbări distructive în convingerile despre natură. Deși incluziunea logică rămîne o concepție admisibilă despre relația dintre teorii științifice succesive, ea este istoric implauzibilă.

Cred că, în urmă cu un secol, ar fi fost posibil să ne oprim aici cu argumentele în favoarea necesității revoluțiilor. Dar astăzi, din nefericire, nu mai putem proceda astfel deoarece concepția dezvoltată mai sus în legătură cu această temă nu poate fi susținută dacă este acceptată cea mai influentă interpretare contemporană a naturii și funcției unei teorii științifice. Această interpretare, intim asociată cu pozitivismul logic timpuriu și care nu a fost categoric respinsă de succesorii lui, ar restrînge sfera și semnificația unei teorii acceptate astfel încît aceasta să nu poată intra în conflict cu vreo teorie ulterioară ale cărei predicții se referă la unele dintre aceleași fenomene naturale. Cel mai bine cunoscut și puternic argument în favoarea acestei concepții restrînse despre o teorie științifică apare în discuțiile despre relația dintre dinamica einsteiniană contemporană și ecuațiile dinamice mai vechi care descind din *Principia* lui Newton. Din punctul de vedere al acestui eseu, cele două teorii sînt fundamental incompatibile în sensul ilustrat de relația astronomiei copernicane față de cea ptolemaică: teoria lui Einstein poate fi acceptată numai recunoscînd că Newton a greșit. Astăzi, aceasta rămîne o concepție minoritară [2]. Trebuie, prin urmare, să examinăm cele mai importante obiecții ce i se aduc.

Fondul acestor obiecții poate fi dezvoltat astfel. Dinamica relativistă nu poate să fi arătat că dinamica

---

[1] Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), I, 266—281.

[2] Vezi, de pildă, remarcile lui P. P. Wiener în *Philosophy of Science*, XXV (1958), 298.

newtoniană este falsă pentru că dinamica newtoniană mai este încă folosită, cu mult succes, de majoritatea inginerilor și, în anumite aplicații, de mulți fizicieni. În plus, oportunitatea utilizării vechii teorii poate fi demonstrată din însăși teoria care, în alte aplicații, i-a luat locul. Teoria lui Einstein poate fi folosită pentru a arăta că predicțiile din ecuațiile lui Newton vor fi la fel de bune ca și instrumentele noastre de măsură în toate aplicațiile care satisfac un număr mic de condiții restrictive. De pildă, dacă vrem ca teoria newtoniană să ofere o bună soluție aproximativă, vitezele relative ale corpurilor considerate trebuie să fie mici în comparație cu viteza luminii. Supusă acestor condiții și cîtorva altele, teoria newtoniană pare derivabilă din cea einsteiniană, în raport cu care este, deci, un caz particular.

Dar, continuă obiecția, nici o teorie nu poate fi în conflict cu unul din cazurile ei particulare. Dacă știința einsteiniană pare să infirme dinamica newtoniană, aceasta se întîmplă numai pentru că unii newtonieni au fost atît de imprudenți încît să afirme că teoria newtoniană dă rezultate absolut precise sau că este validă la viteze relative foarte mari. Întrucît nu puteau aduce vreo dovadă în sprijinul unor asemenea afirmații, ei au trădat standardele științei. În măsura în care teoria newtoniană a fost vreodată o teorie într-adevăr științifică, confirmată de evidență, ea mai este și acum. Numai afirmațiile extravagante în sprijinul acestei teorii — afirmații care nu au făcut niciodată parte, propriu-zis, din știință — au putut fi dovedite drept false de către Einstein. Purificată de aceste extravaganțe exclusiv omenești, teoria newtoniană nu a fost niciodată pusă sub semnul îndoielii și nici nu poate fi.

Unele versiuni ale acestui argument sînt întru totul suficiente pentru a imuniza împotriva atacurilor orice teorie utilizată vreodată de un grup semnificativ de oameni de știință competenți. Atît de ponegrita teorie a flogisticului, de pildă, ordona un mare număr de fenomene fizice și chimice. Ea explica de ce ardeau corpurile — pentru că erau bogate în flogistic — și de ce metalele aveau în comun mult mai multe proprietăți decît minereurile lor. Metalele erau, toate, compuse din diferite pămînturi elementare combinate cu flogistic, iar acesta din urmă, comun tuturor metalelor, producea proprietăți comune. În plus, teoria flogisticului explica un număr de reacții în care se formau

acizi prin arderea unor substanțe ca sulful și carbonul. De asemenea, ca explica scăderea volumului atunci cînd arderea avea loc într-un volum limitat de aer — flogisticul eliberat prin ardere „strica" elasticitatea aerului care-l absorbea, la fel cum focul „strică" elasticitatea unui ac de oțel [3]. Dacă acestea ar fi fost singurele fenomene pe care teoreticienii flogisticului le-ar fi revendicat pentru teoria lor, atunci această teorie nu ar fi putut fi niciodată contestată. Un argument similar este suficient pentru orice teorie care a reușit vreodată să explice vreo mulțime de fenomene.

Dar pentru a salva teorii în acest fel, domeniul lor de aplicație trebuie restrîns la acele fenomene și la acea precizie a observației cu care operează probele experimentale disponibile [4]. Dusă un pas mai departe (și acel pas nu prea poate fi evitat odată ce a fost făcut primul), o asemenea limitare îi interzice omului de știință să pretindă că vorbește „științific" despre vreun fenomen încă neobservat. Chiar în forma ei prezentă, această restricție îl împiedică pe omul de știință să se bizuie pe o teorie oricînd cercetarea sa intră într-o zonă — sau caută un grad de precizie — în raport cu care practica trecută nu oferă nici un precedent. Aceste prohibiții sînt logic inatacabile. Dar rezultatul acceptării lor ar fi sfîrșitul cercetării prin care știința se poate dezvolta mai departe.

Acum, această idee este de asemenea aproape o tautologie. Fără o angajare față de o paradigmă nu poate exista știința normală. Apoi, această angajare trebuie să atingă și zone și grade de precizie pentru care nu există precedente depline. Dacă lucrurile nu ar sta astfel, paradigma nu ar furniza nici un *puzzle* care să nu fi fost deja rezolvat. În afară de aceasta, nu numai știința normală depinde de angajarea față de o paradigmă. Dacă teoria existentă îl angajează pe omul de știință numai în raport cu aplicațiile existente, atunci nu pot apărea

---

[3] James B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory* (Cambridge, 1950), pp. 13—16 și J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; London, 1951), pp. 85—88. Cea mai amplă și mai binevoitoare prezentare a realizărilor teoriei flogisticului este cea a Helenei Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), partea a II-a.

[4] A se compara cu concluziile obținute printr-o analiză cu totul diferită de R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation* (Cambridge, 1953), pp. 50—87, mai ales p. 76.

nici un fel de surprize, anomalii sau crize. Or acestea sînt tocmai indicatoarele care arată calea spre ştiinţa extraordinară. Dacă restricţiile pozitiviste asupra sferei de aplicabilitate legitimă a unei teorii sînt luate literal, atunci va înceta să funcţioneze mecanismul care indică comunităţii ştiinţifice ce probleme pot duce la schimbări fundamentale. Şi cînd aceasta se întîmplă, comunitatea se va reîntoarce inevitabil la ceva asemănător stării dinaintea paradigmei, cînd toţi membrii ei practică o ştiinţă al cărei produs total nu seamănă cîtuşi de puţin cu ştiinţa. Mai este atunci de mirare că preţul progresului ştiinţific semnificativ este o angajare care riscă să dea greş?

Mai important este faptul că există o lacună logică revelatoare în argumentul pozitivist, lacună care ne va reintroduce de îndată în problematica naturii schimbării revoluţionare. Poate fi într-adevăr *derivată* dinamica newtoniană din cea einsteiniană? Cum ar arăta o astfel de derivare? Să ne imaginăm o mulţime de enunţuri $E_1, E_2, \ldots, E_n$, care împreună cuprind legile teoriei relativităţii. Aceste enunţuri conţin variabile şi parametri reprezentînd poziţia spaţială, timpul, masa de repaus etc. Din ele, cu ajutorul aparatului logicii şi matematicii, se poate deduce o întreagă mulţime de alte enunţuri, incluzînd unele care pot fi controlate prin observaţie. Pentru a demonstra adecvarea dinamicii newtoniene ca un caz particular, trebuie să adăugăm enunţurilor $E_i$ alte enunţuri, precum $(v/c)^2 \ll 1$, care restrîng domeniul parametrilor şi variabilelor. Această mulţime extinsă de enunţuri este apoi manipulată pentru a produce o nouă mulţime, $N_1, N_2, \ldots, N_m$, care este identică în formă cu legile newtoniene ale mişcării, legea gravitaţiei etc. Aparent, supusă cîtorva condiţii limitative, dinamica newtoniană a fost derivată din cea einsteiniană.

Totuşi, derivarea este incorectă, cel puţin pînă în acest punct. Deşi enunţurile $N_i$ sînt un caz particular al legilor mecanicii relativiste, ele nu sînt legi newtoniene. Sau, cel puţin, nu sînt pînă cînd aceste din urmă legi nu sînt reinterpretate într-un mod care nu ar fi posibil înainte de Einstein. Variabilele şi parametrii care în enunţurile einsteiniene $E_i$ reprezentau poziţii spaţiale, timp, masă etc. apar şi în enunţurile $N_i$ unde de asemenea reprezintă spaţiul, timpul şi masa lui Einstein. Dar referenţii fizici ai acestor concepte einsteiniene nu sînt, cîtuşi

de puțin, identici cu cei ai conceptelor newtoniene cu același nume. (Masa newtoniană este conservată; cea einsteiniană este convertibilă în energie. Numai la viteze relativ scăzute, cele două mase pot fi măsurate în același fel și chiar atunci ele nu trebuie considerate identice.) Dacă nu schimbăm definițiile variabilelor din $N_t$, enunțurile pe care le-am derivat nu sînt newtoniene. Iar dacă le schimbăm, nu se poate spune, corect, că am *derivat* legile lui Newton, cel puțin nu într-unul din sensurile, astăzi general acceptate, ale termenului „a deriva". Argumentul nostru a explicat, firește, de ce legile lui Newton păreau că funcționează. Acest argument îl îndreptățește, de pildă, pe un șofer de automobil să acționeze ca și cum ar trăi într-un univers newtonian. Un argument de același gen este folosit spre a justifica inițierea topografilor într-o astronomie orientată geocentric. Dar aceste argumente nu și-au îndeplinit încă menirea; și anume, ele nu au dovedit că legile lui Newton sînt un caz limită al legilor lui Einstein. Căci în trecere la limită nu s-a schimbat numai forma legilor. Totodată, a trebuit să modificăm elementele structurale fundamentale din care este constituit universul la care se aplică aceste legi.

Necesitatea de a modifica semnificația unor concepte existente și familiare joacă un rol central în influența revoluționară a teoriei lui Einstein. Deși este mai subtilă decît schimbările de la geocentrism la heliocentrism, de la flogistic la oxigen, sau de la corpuscule la unde, această transformare conceptuală nu este mai puțin distructivă în raport cu o paradigmă anterior stabilită. Putem chiar să ajungem să o considerăm drept un prototip al reorientărilor revoluționare din științe. Tocmai pentru că nu implică introducerea unor concepte sau obiecte suplimentare, tranziția de la mecanica newtoniană la cea einsteiniană ilustrează cu o claritate deosebită revoluția științifică ca o dislocare a cadrului conceptual prin care oamenii de știință văd lumea.

Aceste remarci ar fi suficiente pentru a dovedi ceea ce, în alt climat filozofic, putea fi admis de la bun început. Cele mai multe dintre diferențele vizibile între o teorie științifică respinsă și succesoarea ei sînt reale, cel puțin pentru oamenii de știință. Deși o teorie perimată poate fi întotdeauna văzută ca un caz special al succesoarei ei, ea trebuie transformată în acest scop. Iar o atare transfor-

mare este de asemenea natură încît poate fi întreprinsă numai retrospectiv, luînd ca ghid explicit cea mai recentă teorie. În plus, chiar dacă această transformare ar fi un procedeu legitim folosit în interpretarea vechii teorii, rezultatul aplicării lui ar fi o teorie extrem de restrînsă, care nu ar putea decît să reformuleze ceea ce era deja cunoscut. Datorită economiei ei, o asemenea reformulare ar avea o utilitate, dar nu ar putea ghida îndeajuns cercetarea.

Să admitem, deci, că diferențele dintre paradigme succesive sînt atît necesare cît și ireconciliabile. Putem atunci explicita aceste diferențe? Cele mai evidente au fost deja ilustrate, în repetate rînduri. Paradigme succesive ne spun lucruri diferite despre populația universului și despre comportamentul acestei populații. Ele diferă, deci, în privința unor probleme ca existența particulelor subatomice, materialitatea luminii și conservarea căldurii sau energiei. Acestea sînt diferențele substanțiale dintre paradigme succesive care nu mai au nevoie de alte exemplificări. Dar paradigmele diferă mai mult decît în substanța lor, întrucît nu sînt îndreptate numai spre natură ci și, înapoi, spre știința care le-a generat. Ele constituie sursa metodelor, cîmpului de probleme și standardelor de rezolvare, acceptate, în orice perioadă, de orice comunitate științifică matură. În consecință, acceptarea unei noi paradigme necesită adeseori o redefinire a științei respective. Unele din vechile probleme pot fi transferate unei alte științe sau declarate cu totul „neștiințifice". Odată cu noua paradigmă, alte probleme, odinioară inexistente sau lipsite de importanță, devin înseși modelele reușitei științifice semnificative. Iar pe măsură ce se schimbă problemele, se schimbă adesea și criteriile care disting o soluție științifică reală de o simplă speculație metafizică, de un joc de cuvinte sau de un exercițiu matematic. Tradiția de știință normală care apare dintr-o revoluție științifică este nu numai incompatibilă, dar, de multe ori, realmente incomensurabilă cu ceea ce fusese înainte.

Influența operei lui Newton asupra tradiției normale de practică științifică din secolul al șaptesprezecelea oferă un exemplu pregnant al acestor efecte subtile ale schimbării de paradigmă. Înainte să se fi născut Newton, „noua știință" a secolului reușise, în sfîrșit, să respingă

explicaţiile aristotelice şi scolastice, exprimate în termeni de esenţe ale corpurilor materiale. A spune că o piatră cădea pentru că „natura" ei o îndrepta spre centrul universului ajunsese să pară un simplu joc tautologic de cuvinte, ceea ce nu fusese înainte. De atunci înainte întregul flux al aparenţelor senzoriale, incluzînd culoare, gust şi chiar greutate, avea să fie explicat în termenii mărimii, formei, poziţiei şi mişcării corpusculare elementare ale materiei de bază. A atribui alte calităţi atomilor elementari însemna a recurge la ocult şi, deci, la ceva în afara ştiinţei. Molière a surprins întocmai noul spirit cînd îl ridiculiza pe doctorul care explica eficacitatea opiului, ca somnifer, atribuindu-i o potenţă dormitivă. În cursul ultimei jumătăţi a secolului al şaptesprezecelea, numeroşi oameni de ştiinţă preferau să spună că forma rotundă a particulelor de opiu le permitea să liniştească nervii în jurul cărora se mişcau [5].

Într-o perioadă anterioară, explicaţiile în termeni de calităţi oculte făcuseră integral parte din munca ştiinţifică productivă. Totuşi, noua angajare a secolului al şaptesprezecelea faţă de explicaţia mecanic-corpusculară s-a dovedit deosebit de fructuoasă pentru un număr de ştiinţe, eliberîndu-le de probleme care rezistaseră oricărei soluţii general acceptate şi propunînd altele în loc. În dinamică, de exemplu, cele trei legi newtoniene ale mişcării sînt mai puţin un produs al unor noi experimente cît al încercării de a reinterpreta observaţii binecunoscute în termenii mişcărilor şi interacţiunilor corpusculilor neutri primari. Să luăm doar un exemplu concret. Deoarece corpusculii neutri pot interacţiona numai prin contact, concepţia corpuscular-mecanică asupra naturii îndrepta atenţia ştiinţei asupra unui nou obiect de studiu, modificarea mişcărilor particulelor prin ciocnire. Descartes a pus problema şi i-a dat prima rezolvare admisă. Huyghens, Wren şi Wallis au continuat-o, în parte făcînd experimente cu pendule în ciocnire, dar mai ales aplicînd la noua problemă caracteristici ale mişcării, binecunoscute dinainte. Iar Newton a fixat rezultatele lor în legile sale asupra mişcării. „Acţiunea" şi „reacţiunea"

[5] Pentru corpuscularism în general, vezi Marie Boas, „The Establishment of the Mechanical Philosophy", *Osiris*, X (1952), 412—541. Pentru efectul formei particulelor asupra gustului, vezi *ibid.*, p. 483.

egală din cea de a treia lege reprezintă schimbări în cantitatea de mişcare suferite de cele două participante la ciocnire. Aceeaşi schimbare de mişcare stă la baza definiţiei forţei dinamice, implicite în a doua lege. În acest caz, ca şi în multe altele din cursul secolului al şaptesprezecelea, paradigma corpusculară a generat atît o nouă problemă cît şi o mare parte din soluţia ei [6].

Totuşi, deşi o bună parte din activitatea lui Newton era orientată spre probleme — şi încorpora criterii — derivate din concepţia corpuscular-mecanică despre lume, paradigma care a rezultat din această activitate a dus la o nouă şi parţial distructivă schimbare a problemelor şi standardelor legitime ale ştiinţei. Gravitaţia, interpretată ca o atracţie înnăscută între oricare două particule de materie, era o calitate ocultă în acelaşi sens în care fusese „tendinţa de cădere" a corpurilor pentru scolastici. Aşadar, în vreme ce standardele corpuscularismului rămîneau valabile, căutarea unei explicaţii mecanice a gravitaţiei era una din cele mai solicitante probleme pentru cei care acceptau *Principia* ca paradigmă. Newton i-a acordat multă atenţie, la fel cum au făcut şi mulţi dintre urmaşii săi în secolul al optsprezecelea. Singura alternativă evidentă era abandonarea teoriei lui Newton, datorită neputinţei ei de a explica gravitaţia, şi această alternativă a fost, de asemenea, larg acceptată. Totuşi, nici una din aceste concepţii nu a triumfat pînă la urmă. Nefiind în stare să facă ştiinţă fără *Principia* sau să adapteze această operă standardelor corpusculare ale secolului al şaptesprezecelea, oamenii de ştiinţă au acceptat treptat concepţia că gravitaţia era într-adevăr înnăscută. Pe la mijlocul secolului al optsprezecelea, această interpretare era aproape universal acceptată, avînd drept rezultat o autentică reîntoarcere (care nu este totuna cu o regresiune) la modelul scolastic. Atracţiile şi repulsiile înnăscute reuneau mărimea, forma, poziţia şi mişcarea ca proprietăţi primare, fizic ireductibile, ale materiei [7].

---

[6] **R. Dugas,** *La mécanique au XVII^e siècle* (Neuchâtel, 1954), pp. 177—185, 284—298, 345—356.

[7] **I. B. Cohen,** *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), Cap. VI—VII.

Schimbarea produsă în standardele şi cîmpul de probleme ale fizicii avea să fie din nou plină de urmări. Prin anii 1740, de pildă, teoreticienii electricităţii puteau vorbi despre „virtutea" de atracţie a fluidului electric, fără să-şi atragă prin aceasta ridicolul cu care a fost acoperit doctorul lui Molière, un secol mai înainte. În acest timp, fenomenele electrice dezvăluiau tot mai mult o ordine diferită de cea manifestată cînd erau concepute ca efecte ale unei emanaţii mecanice care putea acţiona numai prin contact. În particular, atunci cînd acţiunea electrică la distanţă a devenit un obiect de studiu de sine stătător, fenomenul pe care-l numim acum încărcare prin inducţie a putut fi recunoscut ca unul din efectele ei. Înainte, în cazul în care fusese observat, el fusese atribuit acţiunii directe a „atmosferelor" electrice sau pierderilor inevitabile din orice laborator de electricitate. Noua concepţie asupra efectelor inductive a constituit, la rîndul ei, cheia analizei lui Franklin asupra buteliei de Leyda şi, deci, a apariţiei unei noi paradigme newtoniene a electricităţii. Dar dinamica şi electricitatea nu au fost singurele domenii ştiinţifice afectate de legitimizarea investigării forţelor înnăscute ale materiei. Considerabila literatură din secolul al optsprezecelea asupra afinităţilor şi seriilor de substituţii chimice deriva de asemenea din acest aspect supramecanic al newtonismului. Chimiştii care credeau în aceste atracţii diferite dintre variatele specii chimice au realizat experimente neimaginate înainte şi au investigat noi tipuri de reacţii. Fără datele şi concepţiile chimice elaborate în cursul acestui proces, cercetările ulterioare ale lui Lavoisier şi mai ales Dalton ar fi fost de neconceput [8]. Schimbările survenite în criteriile ce guvernează problemele, conceptele şi explicaţiile admisibile pot transforma o ştiinţă. În secţiunea următoare, voi sugera chiar un sens în care ele transformă lumea.

Alte exemple de asemenea diferenţe între paradigme succesive pot fi regăsite în istoria oricărei ştiinţe şi în aproape orice perioadă a dezvoltării ei. Pentru moment să ne mulţumim doar cu alte două exemple, mult mai concise. Înainte de revoluţia din chimie, una din sarcinile recunoscute ale chimiei era să explice calităţile substan-

[8] Pentru electricitate, vezi *ibid.*, cap. VIII—IX. Pentru chimie, vezi Metzger, *op. cit.*, partea I.

țelor chimice și schimbările pe care le sufereau aceste calități în cursul reacțiilor chimice. Cu ajutorul unui număr mic de „principii" elementare — între care și flogisticul — chimistul trebuia să explice de ce unele substanțe sînt acide, metalice, inflamabile ș.a.m.d. Se obținuseră oarecare succese în această direcție. Am văzut deja că flogisticul explica de ce metalele sînt atît de asemănătoare și am fi putut avansa un argument similar pentru aici. Reforma lui Lavoisier, însă, a eliminat pînă la urmă „principiile" chimice, sfîrșind prin a lipsi chimia de o parte din puterea ei explicativă reală și de o mare parte din cea potențială. Pentru a compensa această pierdere se impunea o schimbare a standardelor chimiei. O bună parte din secolul al nouăsprezecelea, neputința de a explica calitățile compușilor nu a incriminat vreo teorie chimică[9].

Clerk Maxwell împărtășea, alături de alți adepți din secolul al 19-lea ai teoriei ondulatorii a luminii, convingerea că undele de lumină trebuie să se propage printr-un eter material. Proiectarea unui mediu mecanic care să servească drept suport acestor unde era o problemă tipică pentru mulți dintre cei mai capabili contemporani ai săi. Propria sa teorie, însă, teoria electromagnetică a luminii, nu dădea nici o explicație asupra unui mediu capabil să susțină undele luminoase și făcea ca o asemenea explicație să fie mult mai greu de dat decît părea înainte. La început, teoria lui Maxwell a fost, în mare parte, respinsă tocmai pentru aceste motive. Dar, ca și în cazul teoriei lui Newton, cea a lui Maxwell nu putea fi ușor abandonată și, pe măsură ce a dobîndit statutul unei paradigme, atitudinea față de ea s-a schimbat. În primele decenii ale secolului al douăzecilea, insistența lui Maxwell asupra existenței unui eter mecanic avea tot mai mult aerul unui conformism neîntemeiat, ceea ce evident nu era, iar încercările de a construi un asemenea eter au fost abandonate. Oamenii de știință nu mai considerau că este neștiințific să vorbească de o „deplasare" electrică, fără să specifice ce anume era deplasat. Din nou rezultatul a fost o nouă mulțime de probleme și criterii, care (atunci) a contribuit la apariția teoriei relativității[10].

[9] E. Meyerson, *Identity and Reality* (New York, 1930), cap. X.

[10] E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (London, 1953), 28—30.

Aceste modificări caracteristice în concepția comunității științifice despre problemele și criteriile legitime ar fi mai puțin semnificative pentru teza acestui eseu, dacă s-ar presupune că ele au loc întotdeauna de la un tip metodologic inferior la unul superior. În acest caz, efectele lor ar părea, de asemenea, cumulative. Nu este de mirare că unii istorici au argumentat că istoria științei indică o creștere continuă a maturității și rafinării concepției omului despre natura științei [11]. Totuși, argumentul în favoarea dezvoltării cumulative a problemelor și criteriilor științei este chiar mai greu de susținut decît cel în favoarea acumulării teoriilor. Încercarea de a explica gravitația, deși abandonată — cu folos — de majoritatea oamenilor de știință ai secolului al optsprezecelea, nu viza o problemă intrinsec nelegitimă; obiecțiile față de forțele înnăscute nu erau nici inerent neștiințifice nici metafizice, în vreun sens peiorativ. Nu există criterii exterioare care să permită o asemenea apreciere. Ceea ce a urmat nu a fost nici un declin nici o renunțare la criterii, ci pur și simplu o schimbare cerută de adoptarea unei noi paradigme. În plus, această schimbare a fost de atunci răsturnată și mai poate fi. În secolul al douăzecilea, Einstein a reușit să explice atracțiile gravitaționale și această explicație a reîntors știința la o clasă de canoane și probleme care, în acest caz particular, se aseamănă mai mult cu cele ale predecesorilor decît cu cele ale succesorilor lui Newton. Asemănător, dezvoltarea mecanicii cuantice a anulat interdicția metodologică inițiată de revoluția în chimie. Chimiștii încearcă acum, și cu mult succes, să explice culoarea, starea de agregare și alte calități ale substanțelor folosite și produse în laboratoarele lor. O răsturnare similară ar putea să aibă loc în teoria electromagnetică. În fizica contemporană, spațiul nu este substratul inert și omogen folosit atît în teoria lui Newton cît și în cea a lui Maxwell; unele dintre noile lui proprietăți nu diferă de cele atribuite odinioară eterului; și s-ar putea, într-o bună zi, să reușim să aflăm ce este o deplasare electrică.

Deplasînd accentul de la funcțiile cognitive la cele normative ale paradigmelor, exemplele anterioare ne

[11] Pentru o încercare strălucită și întru totul lazi de a potrivi dezvoltarea științifică în acest pat al lui Procust, vezi C. G. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas* (Princeton, 1960).

sporesc înțelegerea modurilor în care paradigmele configurează viața științifică. Anterior am examinat îndeosebi rolul paradigmelor ca purtătoare ale teoriei științifice. În această ipostază, funcția lor constă în a-l informa pe omul de știință despre entitățile pe care le conține și, respectiv, nu le conține natura și despre felurile în care se comportă aceste entități. Aceste informații configurează o hartă ale cărei detalii sînt elucidate de cercetarea științifică matură. Și întrucît natura e prea complexă și variată pentru a putea fi explorată la întîmplare, această hartă este tot atît de esențială ca și observația și experimentul pentru dezvoltarea continuă a științei. Prin teoriile pe care le încorporează, paradigmele se dovedesc a fi constitutive activității de cercetare. Dar ele sînt, de asemenea, constitutive științei în alte privințe și acest aspect este important acum. În particular, ultimele exemple pe care le-am dat arată că paradigmele îi înzestrează pe oamenii de știință nu numai cu o hartă, dar și cu unele din direcțiile esențiale de alcătuire a acesteia. Asimilînd o paradigmă, omul de știință asimilează, de obicei într-un amestec inextricabil, teorii, metode și criterii laolaltă. Prin urmare, cînd se schimbă paradigmele, se produc de asemenea modificări semnificative în criteriile ce determină legitimitatea problemelor și soluțiilor propuse.

Această observație ne readuce la punctul de plecare al acestei secțiuni, întrucît ne indică pentru prima oară, explicit, de ce alegerea între paradigme rivale creează probleme care nu pot fi rezolvate prin criteriile științei normale. În măsura, pe cît de semnificativă pe atît de incompletă, în care două școli științifice nu sînt de acord asupra a ceea ce este o problemă și ce este o soluție, ele vor vorbi inevitabil limbi diferite atunci cînd vor dezbate meritele relative ale paradigmelor lor. În termenii argumentelor parțial circulare, care vor rezulta frecvent, se va arăta că fiecare paradigmă satisface mai mult sau mai puțin criteriile pe care și le impune sie însăși și că nu reușește să satisfacă cîteva din cele impuse de adversara ei. Există și alte cauze ale incompletitudinii contactului logic care caracterizează permanent controversele dintre paradigme. De pildă, întrucît nici o paradigmă nu rezolvă vreodată toate problemele pe care le definește și întrucît niciodată două para-

digme nu lasă exact aceleași probleme nerezolvate, controversele între paradigme ridică întotdeauna întrebarea: care probleme este mai important să le fi rezolvat? Ca și în chestiunea criteriilor rivale, la această întrebare, relativă la valori, nu se poate răspunde decît în termenii unor criterii cu totul exterioare științei normale și evident, tocmai datorită acestui recurs la criterii exterioare, disputele între paradigme devin revoluționare. Dar ceva și mai fundamental decît standarde și valori este de asemenea în joc. Am argumentat pînă acum doar că paradigmele sînt constitutive științei. Aș vrea acum să dezvălui un sens în care ele sînt constitutive chiar și naturii.

# X. REVOLUȚIILE CA SCHIMBĂRI ALE CONCEPȚIEI DESPRE LUME

Examinînd cronicile cercetării de-a lungul secolelor, din punctul de vedere al istoriografiei contemporane, istoricul științei poate fi tentat să afirme că odată cu schimbarea paradigmelor se schimbă însăși lumea. Conduși de o nouă paradigmă, oamenii de știință adoptă noi instrumente și examinează noi zone ale naturii. Mai important chiar este că, în timpul revoluțiilor, oamenii de știință văd lucruri noi și diferite cînd examinează cu instrumente familiare zone pe care le-au mai examinat înainte. Este, mai degrabă, ca și cum comunitatea profesională a fost dintr-odată transportată pe o altă planetă, unde obiectele familiare sînt văzute într-o lumină diferită, alături de obiecte nefamiliare. Firește că nu se întîmplă ceva asemănător: nu survine nici o transplantare geografică; în afara laboratorului, viața cotidiană continuă ca și înainte. Totuși, schimbările de paradigmă îi determină pe oamenii de știință să vadă într-un mod diferit lumea în care este angajată cercetarea lor. În măsura în care singurul lor contact cu această lume se realizează prin ceea ce văd și fac, am putea spune că, după o revoluție, oamenii de știință se află în fața unei lumi diferite.

Demonstrațiile familiare ale schimbării *gestalt*-ului vizual se dovedesc atît de sugestive tocmai ca prototipuri elementare ale acestor transformări ale lumii omului de știință. Ceea ce erau rațe în lumea omului de știință dinaintea revoluției sînt iepuri după revoluție. Cel care

mai întîi a văzut de sus exteriorul cutiei, mai tîrziu va vedea interiorul ei de jos. Asemenea transformări, deşi sînt de obicei mai graduale şi aproape totdeauna ireversibile, însoţesc firesc pregătirea ştiinţifică. Privind la o hartă, studentul vede linii pe o hîrtie, iar cartograful imaginea unui teren. Privind la fotografia luată într-o cameră cu bule, studentul vede linii confuze şi întrerupte, iar fizicianul o înregistrare a unor evenimente subnucleare familiare. Numai după un număr de asemenea transformări vizuale, devine studentul un locuitor al lumii omului de ştiinţă, văzînd ceea ce vede omul de ştiinţă şi reacţionînd ca el. Dar lumea în care intră atunci studentul nu este determinată o dată pentru totdeauna de natura mediului, pe de o parte, şi de aceea a ştiinţei, pe de altă parte. Mai degrabă, ea este determinată împreună de mediu şi de o anumită tradiţie de ştiinţă normală în care studentul a fost pregătit să lucreze. De aceea, în perioada de revoluţie, cînd se schimbă tradiţia de ştiinţă normală, modul în care omul de ştiinţă îşi percepe mediul trebuie reeducat — în unele situaţii familiare el trebuie să înveţe să vadă un nou *gestalt*. După ce a făcut acest lucru, lumea cercetării sale va părea, ici şi colo, incomensurabilă cu cea în care locuise înainte. Aceasta este o altă cauză pentru care şcolile ghidate de diferite paradigme nu vor reuşi niciodată să se înţeleagă pe deplin.

Firește, în forma lor cea mai obişnuită, experimentele gestaltiste ilustrează numai natura transformărilor perceptuale. Ele nu ne spun nimic despre rolul paradigmelor sau al experienţei anterior asimilate, în procesul percepţiei. Dar asupra acestui punct există o bogată literatură psihologică, o mare parte a ei provenind din lucrările de pionierat ale Institutului Hanovra. Într-un experiment, subiectului i se dau ochelari cu lentile inversate, prin care, iniţial, vede totul răsturnat. La început aparatul său perceptual funcţionează aşa cum a fost pregătit să funcţioneze fără ochelari, rezultînd de aici o maximă dezorientare, o acută criză personală. Dar după ce subiectul a început să se obişnuiască cu noua sa lume, întregul său cîmp vizual se întoarce pe dos, de obicei, după o perioadă intermediară în care totul este văzut confuz. Apoi, obiectele sînt din nou văzute aşa cum fuseseră înainte de a-şi fi pus ochelarii. Asimilarea unui cîmp vizual, anterior normal, s-a repercutat asupra cîmpului însuşi, modifi-

cîndu-l [1]. Literal ca şi metaforic, subiectul obişnuit cu lentile inversate a suferit o transformare revoluţionară în modul de a vedea.

Subiecţii experimentului cu cărţi de joc modificate, discutat în secţiunea a VI-a, au fost martorii unor transformări întru totul similare. Pînă cînd au realizat, în urma unei expuneri prelungite, că universul conţine cărţi anormale, ei au văzut numai tipuri de cărţi cu care îi familiarizase experienţa anterioară. De îndată, însă, ce experienţa le-a furnizat noile categorii necesare, ei au putut să vadă, din prima expunere, toate cărţile anormale, avînd destul timp pentru a fi în stare să le identifice. Alte experimente demonstrează că perceperea formei, culorii obiectelor expuse experimental variază de asemenea în funcţie de pregătirea şi experienţa anterioară a subiectului [2]. Examinarea bogatei literaturi experimentale din care provin aceste exemple ne face să bănuim că ceva asemănător paradigmei stă la baza percepţiei înseşi. Ceea ce vede un om depinde atît de spre-ce-priveşte cît şi de ceea ce l-a învăţat să vadă experienţa sa vizual-conceptuală anterioară. În lipsa unei asemenea experienţe, nu poate exista, după cum spunea William James, decît „un zumzăit confuz şi pestriţ".

În ultimii ani, unii cercetători preocupaţi de istoria ştiinţei au considerat exemple ca cele de mai sus drept extrem de sugestive. N.R. Hanson, în mod deosebit, a folosit argumente gestaltiste pentru a dezvolta unele consecinţe ale convingerii ştiinţifice, asemănătoare cu cele care mă interesează aici [3]. Alţi colegi au remarcat frecvent că istoria ştiinţei ar avea mai mult sens şi mai multă coerenţă dacă am putea admite că oamenii de ştiinţă trăiesc uneori schimbări perceptuale asemănătoare celor descrise mai sus. Totuşi, deşi aceste experimente psihologice sînt sugestive, ele nu pot fi, prin natura situa-

[1] Experimentele iniţiale aparţineau lui **George M. Stratton**, „Vision without Inversion of the Retinal Image", *Pshychological Review* IV (1897), 341—360, 463—481. O trecere în revistă mai modernă aparţine lui **Harvey A. Carr**, *An Introduction to Space Perception* (New York, 1935), pp. 18—57.

[2] Pentru exemple, vezi **Albert H. Hastorf**, „The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance", *Journal of Psychology*, XXIX (1950), 195—217; şi **Jerome S. Brunner, Leo Postman** şi **John Rodrigues**, „Expectations and the Perception of Color", *American Journal of Psychology*, LXIV (1951), 216—227.

[3] **N. R. Hanson**, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), cap. 1.

ţiei, mai mult decît atît. Ele evidenţiază într-adevăr caracteristici ale percepţiei care *ar putea* fi de primă importanţă pentru dezvoltarea ştiinţifică, dar ele nu dovedesc că observaţia atentă şi controlată a cercetătorului posedă aceste caracteristici. În afară de aceasta, însăşi natura unor asemenea experimente face imposibilă orice demonstraţie directă a acestei idei. Dacă menirea exemplului istoric este să confere relevanţă acestor experimente psihologice, trebuie să avem în vedere în primul rînd tipurile de dovezi pe care ne putem aştepta sau nu să le ofere istoria.

Subiectul unui experiment gestaltist ştie că percepţia sa s-a schimbat întrucît o poate modifica într-un sens sau altul în timp ce priveşte la aceeaşi carte sau foaie de hîrtie. Conştient că nimic din ambianţa înconjurătoare nu s-a schimbat, el îşi poate concentra tot mai mult atenţia nu asupra figurii (raţă sau iepure), ci asupra liniilor de pe hîrtie la care priveşte. Pînă la urmă, el poate chiar învăţa să vadă aceste linii fără a vedea vreuna din figuri, şi ar putea spune atunci (ceea ce nu ar fi putut, în mod justificat, spune mai înainte) că ceea ce vede de fapt sînt linii, pe care însă le vede alternativ *ca* raţă sau *ca* iepure. În acelaşi sens, subiectul experimentului cu cărţi de joc anormale ştie (sau, mai exact, poate fi convins) că percepţia sa trebuie să se fi modificat deoarece o autoritate exterioară, experimentatorul, îl asigură că, indiferent de ceea ce *a văzut*, el *privea* tot timpul la un cinci negru de cupă. În ambele cazuri, ca şi în toate experimentele psihologice asemănătoare, eficacitatea demonstraţiei depinde de posibilitatea de a o analiza în acest fel. Nu se poate trage nici o concluzie despre posibilităţi perceptuale alternative, dacă nu există un reper exterior în raport cu care să poată fi dovedită o schimbare a modului de a vedea.

În cazul observaţiei ştiinţifice, lucrurile stau însă exact invers. Omul de ştiinţă nu poate avea nici un reper deasupra sau dincolo de ceea ce vede cu ochii şi instrumentele sale. Dacă ar exista vreo autoritate superioară, prin intermediul căreia să se poată arăta că modul său de a vedea s-a schimbat, atunci acea autoritate ar dovedi, ea însăşi, sursa informaţiilor sale, iar comportamentul său vizual ar deveni o sursă de probleme (aşa cum este, pentru psiholog, cel al subiectului experimental). Aceleaşi tipuri de probleme ar apărea dacă omul de ştiinţă ar putea să-şi

„comute" viziunea într-un sens sau altul așa cum o face subiectul experimentelor gestaltiste. Perioada în care lumina era „cînd undă, cînd particulă" a fost o perioadă de criză — o perioadă cînd ceva nu era în regulă — care a luat sfîrșit numai odată cu elaborarea mecanicii ondulatorii și cu înțelegerea faptului că lumina este o entitate de sine stătătoare, diferită atît de unde cît și de particule. Așadar, în știință, dacă transformările perceptuale însoțesc schimbările de paradigme, nu ne putem aștepta ca oamenii de știință să ateste direct aceste schimbări. Privind Luna, cel convertit la copernicanism nu va spune: „Înainte eram obișnuit să văd o planetă, iar acum văd un satelit". Această afirmație ar implica un sens în care sistemul ptolemaic fusese odinioară corect. Dimpotrivă, un convertit la noua astronomie va spune: „Odinioară, am luat (sau am văzut) Luna drept o planetă, dar am greșit"! Acest gen de afirmație reapare în urma revoluțiilor științifice. Dacă ea ascunde de obicei o modificare de viziune științifică, sau vreo altă transformare mentală cu același rezultat, nu ne putem aștepta la o mărturie directă despre această modificare. Mai degrabă, trebuie să căutăm dovezi indirecte și comportamentale că omul de știință dispunînd de o nouă paradigmă vede diferit de cum văzuse înainte.

Să ne reîntoarcem, deci, la fapte și să ne întrebăm ce tipuri de transformări produse în universul omului de știință poate descoperi istoricul care crede în asemenea schimbări. Descoperirea planetei Uranus de către Sir William Herschel ne oferă un prim exemplu, foarte apropiat de experimentul cu cărți de joc anormale. Cel puțin în șaptesprezece ocazii diferite între 1690 și 1781, un număr de astronomi, printre care cîțiva din cei mai eminenți specialiști europeni, văzuseră o stea în diferite poziții despre care presupunem acum că trebuie să fi fost ocupate în acea vreme de Uranus. Unul din cei mai buni observatori din acest grup văzuse de fapt steaua, timp de patru nopți la rînd în 1769, fără a înregistra mișcarea ei, ceea ce ar fi putut sugera o altă identificare. Cînd a observat pentru prima oară același obiect, doisprezece ani mai tîrziu, Herschel dispunea de un telescop mult îmbunătățit, realizat de el însuși. În consecință, el a putut să observe un disc de o dimensiune cel puțin neobișnuită la stele. Ceva nu era în regulă, drept care el a amînat identificarea pînă la o nouă observație. Această nouă observație a dez-

văluit traiectoria lui Uranus printre stele, astfel încît Herschel a anunţat că văzuse o nouă cometă ! La numai cîteva luni, după încercări infructuoase de a corela traiectoria observată cu o orbită de cometă, Lexell a sugerat posibilitatea ca orbita să fie planetară[4]. După ce această sugestie a fost acceptată, universul astronomului profesionist cuprindea mai puţine stele şi o planetă în plus. Un corp ceresc, observat cu intermitenţe vreme de aproape un secol, a fost altfel văzut după 1781 deoarece, aşa ca într-un joc de cărţi anormale, el nu mai putea fi adaptat categoriilor perceptuale (stea sau cometă) ale paradigmei dominante pînă atunci.

Transformarea modului de a vedea care le-a permis astronomilor să vadă în Uranus o planetă nu pare însă să fi afectat numai percepţia acestui corp ceresc observat mai înainte. Consecinţele ei au fost mult mai vaste. Deşi nu dispunem de dovezi certe, probabil că schimbarea minoră de paradigmă, impusă de Herschel, i-a pregătit pe astronomi pentru descoperirea rapidă, după 1801, a numeroase planete sau asteroizi minori. Datorită mărimii lor nesemnificative, aceştia nu indicau acea supradimensionare anormală care îl alarmase pe Herschel. Cu toate acestea, cu ajutorul instrumentelor obişnuite, astronomii pregătiţi să găsească noi planete au reuşit să identifice douăzeci dintre ele, în primii cincizeci de ani ai secolului trecut[5]. Istoria astronomiei furnizează multe alte exemple de schimbări-induse-de-paradigmă în percepţia ştiinţifică, unele chiar mai puţin echivoce. Poate fi, de pildă, conceput ca accident faptul că astronomii europeni au văzut o schimbare pe bolta cerească, pînă atunci imuabilă, de-abia în jumătatea de secol ce a urmat apariţiei noii paradigme a lui Copernic? Chinezii, ale căror idei cosmologice nu excludeau schimbarea cerească, înregistraseră cu mult înainte apariţia pe cer a multor stele noi. De asemenea, chiar fără ajutorul unui telescop, chinezii au înregistrat sistematic apariţia petelor pe soare, cu secole înainte ca ele să

[4] **Peter Doig**, *A Concise History of Astronomy* (London, 1950), pp. 115—116.

[5] Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie* (München, 1877), pp. 513—515, 683—693. De notat, îndeosebi cît de greu îi vine lui Wolf să explice aceste descoperiri ca o consecinţă a legii lui Bode.

fie remarcate de Galilei şi contemporanii săi [6]. Dar petele pe soare sau noile stele nu au fost singurele exemple de schimbare produsă pe cerul astronomiei europene imediat după Copernic. Folosind instrumente tradiţionale, unele nu mai complicate decît o bucată de sfoară, astronomii din ultimele decenii ale secolului al şaisprezecelea au stabilit, în repetate rînduri, că cometele vagabondează după voie prin spaţiul rezervat pînă atunci planetelor şi stelelor imuabile [7]. Însăşi uşurinţa şi rapiditatea cu care astronomii au văzut lucruri noi privind la obiecte vechi cu instrumente vechi ne determină să spunem că, după Copernic, astronomii au trăit într-o lume diferită. În orice caz, cercetarea lor reacţiona ca şi cum lucrurile ar fi stat astfel.

Exemplele precedente au fost alese din astronomie întrucît relatările observaţiilor astronomice sînt frecvent redate într-un vocabular conţinînd termeni observaţionali relativ puri. Numai în asemenea relatări putem spera să găsim ceva asemănător unui paralelism deplin între observaţiile oamenilor de ştiinţă şi cele ale subiecţilor experimentelor psihologice. Dar nu trebuie să insistăm asupra unui paralelism atît de deplin şi vom avea mult de cîştigat relaxînd criteriile noastre. Dacă ne putem mulţumi cu înţelesul cotidian al verbului „a vedea", putem recunoaşte cu uşurinţă că am mai întîlnit multe alte exemple de modificări în percepţia ştiinţifică, însoţind schimbările de paradigme. Înţelesul lărgit al termenilor „percepţie" şi „a vedea" va necesita în curînd o argumentare explicită, dar mai întîi să ilustrăm aplicarea lui în practică.

Să considerăm din nou două din exemplele noastre anterioare din istoria electricităţii. În cursul secolului al şaptesprezecelea, cînd cercetarea lor era ghidată de una sau alta dintre teoriile fluidului imaterial, „electricienii" au văzut de nenumărate ori bucăţele de hîrtie ricoşînd din — sau căzînd de pe — corpurile încărcate electric, care le atrăseseră. Cel puţin aceasta este ceea ce ei spuneau că văzuseră şi nu avem mai multe motive să ne îndoim

---

[6] **Joseph Needham,** *Science and Civilization in China*, III (Cambridge 1959), 423—429, 434—436.

[7] **T. S. Kuhn,** *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 206—209.

de relatările lor observaţionale decît de ale noastre. Pus în faţa aceleiaşi situaţii, un observator modern ar vedea aici respingerea electrostatică (mai degrabă decît un recul mecanic sau gravitaţional), dar, istoric şi cu o singură excepţie universal ignorată, respingerea electrostatică nu a fost văzută ca atare pînă cînd aparatul lui Hauksbee nu i-a amplificat substanţial efectele. Respingerea după electrizarea prin contact era, însă, numai unul din multele efecte de respingere văzute de Hauksbee. Datorită cercetărilor sale, asemenea unei mutaţii de *gestalt*, respingerea a devenit deodată manifestarea *fundamentală* a electricităţii, rămînînd ca atracţia să fie cea care trebuia explicată [8]. Fenomenele electrice vizibile la începutul secolului al optsprezecelea erau nu numai mai subtile, dar şi mai variate decît cele văzute de cercetători în secolul precedent. La fel, după asimilarea paradigmei lui Franklin, privind la o butelie de Leyda, cercetătorul vedea ceva diferit de ceea ce a văzut înainte. Aparatul devenise un condensator, pentru care forma de butelie sau sticlă nu mai erau necesare. În schimb, cele două straturi conducătoare (dintre care unul nu făcuse parte din aparatul iniţial) au căpătat o importanţă deosebită. Aşa cum atestă, treptat, discuţiile scrise şi reprezentările grafice, două plăci metalice cu un non-conductor între ele deveniseră prototipul genului [9]. În acelaşi timp, alte efecte inductive erau descrise într-un mod nou, iar altele erau observate pentru prima oară.

Modificări asemănătoare întîlnim nu numai în astronomie şi electricitate. Am remarcat cîteva transformări similare ale modului de a vedea, extrase din istoria chimiei. Spuneam că Lavoisier a văzut oxigen acolo unde Priestley văzuse aer deflogisticat şi unde alţii nu văzuseră nimic. Dar învăţînd să vadă oxigen, Lavoisier a trebuit de asemenea să-şi schimbe concepţia despre multe alte substanţe mai familiare. De pildă, a trebuit să vadă un minereu compus acolo unde Priestley şi contemporanii săi văzuseră un pămînt elementar; şi multe altele. În ultimă instanţă, ca urmare a descoperirii oxigenului, Lavoisier a văzut

[8] **Duane Roller şi Duane H. D. Roller.** *The Development of the Concept of Electric Charge* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 21 — 29.

[9] **Vezi discuţia din secţiunea VII şi literatura la care se face trimitere acolo în nota 9.**

natura în mod diferit. Iar în lipsa vreunui acces direct la acea natură ipotetic imuabilă pe care o „vedea diferit", principiul economiei ne îndeamnă să spunem că, după descoperirea oxigenului, Lavoisier a lucrat într-o lume diferită.

Voi examina îndată posibilitatea de a evita această formulare ciudată, dar mai întîi vom mai apela la un exemplu de folosire a ei, de astă dată extras dintr-una din cele mai cunoscute părţi ale operei lui Galilei. Din antichitate încă, majoritatea oamenilor observase că un corp greu, atîrnat de o sfoară sau un lanţ, oscila dintr-o parte în alta pînă cînd ajungea în repaus. Pentru aristotelicieni, care credeau că un corp greu este mişcat de propria sa natură dintr-o poziţie mai înaltă spre una mai joasă, unde atinge starea de repaus natural, un corp oscilînd era pur şi simplu un corp căzînd cu dificultate. Constrîns de lanţ, corpul putea ajunge în repaus, în punctul său cel mai de jos, numai după o mişcare sinuoasă şi un timp considerabil. Pe de altă parte, privind la un corp oscilînd, Galilei vedea un pendul, un corp care reuşea aproape să repete aceeaşi mişcare, mereu şi mereu, *ad infinitum*. Şi văzînd toate acestea, Galilei a mai observat şi alte proprietăţi ale pendulului, construind, pe baza lor, multe din cele mai semnificative şi originale părţi ale noii sale dinamici. Din proprietăţile pendulului, Galilei a derivat, de pildă, singurele sale argumente complete şi corecte în favoarea independenţei greutăţii şi a vitezei de cădere, ca şi a relaţiei dintre înălţimea verticală şi viteza finală a mişcărilor pe plan înclinat [10]. Toate aceste fenomene naturale el le-a văzut diferit de felul cum au fost văzute înainte.

De ce a apărut această schimbare în modul de a vedea? Firește, datorită geniului lui Galilei. Dar să notăm că geniul nu se manifestă aici în observarea mai precisă sau mai obiectivă a corpului care oscilează. Descriptiv, percepţia aristotelică este la fel de precisă. Cînd Galilei a anunţat că perioada pendulului este independentă de amplitudine, pentru amplitudini de 90°, concepţia sa despre pendul l-a făcut să vadă aici o mult mai mare regularitate decît putem descoperi noi acum [11]. Mai degrabă, aici pare să fi

[10] **Galileo Galilei**, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trad. H. Crew şi A. de Salvio (Evanston, Ill., 1946), pp. 80—81, 162—166.

[11] *Ibidem*, pp. 91—94, 244.

fost implicată exploatarea de către geniu a posibilităţilor perceptuale disponibile în urma schimbării unei paradigme medievale. Galilei nu a fost întru totul educat ca un aristotelician. Dimpotrivă, el a fost pregătit să analizeze mişcarea în termenii teoriei impulsului (*impetus*), o paradigmă medievală tîrzie care susţinea că mişcarea continuă a unui corp greu se datorează unei puteri interne, sădite în el de cel care l-a pus iniţial în mişcare. Jean Buridan şi Nicole d'Oresme, scolasticii secolului al patrusprezecelea care au dat teoriei impulsului cele mai perfecte formulări, sînt primii oameni despre care se ştie că au văzut în mişcarea oscilatorie tot ceea ce a văzut şi Galilei. Buridan descrie oscilaţia unei corzi vibrante ca fiind mişcarea imprimată iniţial de un impuls cauzat de lovirea corzii; impulsul se pierde imediat, mişcînd coarda împotriva rezistenţei tensiunii sale; tensiunea duce apoi coarda înapoi, imprimîndu-i un impuls sporit pînă cînd este atinsă jumătatea distanţei; după aceea impulsul deplasează coarda în direcţia opusă din nou împotriva tensiunii ei şi aşa mai departe, într-un proces simetric care poate continua indefinit. Mai tîrziu, în cursul aceluiaşi secol, d'Oresme avea să schiţeze o analiză similară a unei pietre în oscilaţie în cadrul a ceea ce ne apare acum ca fiind prima tratare a pendulului [12]. Concepţia sa este neîndoielnic foarte apropiată de cea cu care Galilei a abordat, pentru prima oară, pendulul. Cel puţin în cazul lui d'Oresme, şi aproape sigur în cel al lui Galilei, era vorba de o concepţie care a devenit posibilă prin tranziţia de la paradigma aristotelică iniţială la cea scolastică a mişcării prin impuls. Pînă la inventarea acelei paradigme scolastice, pentru omul de ştiinţă nu existau pendule, ci numai corpuri în oscilaţie. Pendulele au căpătat existenţă prin ceva foarte asemănător unei transformări de *gestalt* induse-de-paradigmă.

Trebuie oare, într-adevăr, să concretizăm ceea ce îl separă pe Galilei de Aristotel, sau pe Lavoisier de Priestley, ca fiind o transformare de viziune? Au văzut într-adevăr aceşti oameni lucruri diferite privind la aceleaşi obiecte? Există vreun sens în care putem spune în mod legitim că îşi întreprindeau cercetările în lumi diferite? Sînt probleme care nu mai pot fi amînate, pentru că există în mod evident

---

[12] **M. Clagett**, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison Wis., 1959), pp. 537—538, 570.

un alt mod, mult mai uzual, de a descrie exemplele istorice schiţate mai sus. Mulţi cititori vor prefera desigur să spună că ceea ce se schimbă odată cu o paradigmă este numai interpretarea dată de omul de ştiinţă observaţiilor, care ele însele sînt fixate o dată pentru totdeauna prin natura mediului înconjurător şi a aparatului perceptual. Potrivit acestei concepţii, atît Lavoisier cît şi Priestley au văzut oxigen, dar şi-au interpretat diferit observaţiile; atît Aristotel cît şi Galilei au văzut pendule, deosebindu-se însă în interpretările date celor văzute.

Voi spune de la bun început că această concepţie foarte obişnuită despre ceea ce se întîmplă cînd oamenii de ştiinţă îşi schimbă părerile în probleme fundamentale nu poate fi întru totul eronată, după cum nu poate fi nici o simplă greşeală. Mai curînd, este o parte esenţială a unei paradigme filozofice iniţiată de Descartes şi dezvoltată în aceeaşi vreme cu dinamica newtoniană. Această paradigmă a slujit la fel de bine ştiinţei cît şi filozofiei. Exploatarea ei ca şi a dinamicii înseşi, a avut ca rezultat o înţelegere fundamentală la care nu s-ar fi ajuns, poate, pe o altă cale. Dar aşa cum arată şi exemplul dinamicii newtoniene, chiar şi cel mai uluitor succes din trecut nu oferă nici o garanţie că criza poate fi amînată la infinit. Cercetările de astăzi în domenii ale filozofiei, psihologiei, lingvisticii şi chiar ale istoriei artei converg, toate, în a sugera că paradigma tradiţională este oarecum eronată. Această nepotrivire este, de asemenea, tot mai puternic evidenţiată de studiul istoric al ştiinţei care ne preocupă cel mai mult aici.

Nici unul din aceste domenii generatoare de criză nu a produs încă o alternativă viabilă la paradigma epistemologică tradiţională, dar ele încep să contureze unele din caracteristicile acestei alternative. Sînt, de pildă, perfect conştient de dificultăţile care apar atunci cînd afirmăm că privind la corpuri în oscilaţie, Aristotel vede o cădere forţată iar Galileu un pendul. Aceleaşi dificultăţi sînt expuse într-o formă şi mai critică de primele fraze ale acestei secţiuni: deşi lumea nu se schimbă odată cu o schimbare de paradigmă, după aceea omul de ştiinţă lucrează într-o lume diferită. Totuşi, sînt convins că trebuie să învăţăm să dăm un sens unor asemenea afirmaţii. Ceea ce se întîmplă într-o revoluţie ştiinţifică nu poate fi redus în întregime la o reinterpretare a unor date individuale şi stabile. În

primul rînd, datele nu sînt absolut stabile. Un pendul nu este o piatră în cădere, tot aşa cum oxigenul nu este aer deflogisticat. Prin urmare, datele pe care oamenii de ştiinţă le culeg din aceste obiecte diverse sînt, cum vom vedea imediat, ele însele diferite. Mai important este faptul că procesul prin care individul sau comunitatea face trecerea de la căderea forţată la pendul sau de la aerul deflogisticat la oxigen nu seamănă cu ceea ce se numeşte o interpretare. Şi cum ar putea să semene în lipsa datelor stabile pe care să le interpreteze omul de ştiinţă? Omul de ştiinţă care adoptă o nouă paradigmă este mai curînd un om care poartă lentile inversante decît un om care interpretează. Aflat în faţa aceleiaşi constelaţii de obiecte ca şi mai înainte şi conştient de acest lucru, omul de ştiinţă le găseşte totuşi profund modificate în multe din detaliile lor.

Nici una din aceste remarci nu are menirea să indice că oamenii de ştiinţă nu interpretează în mod obişnuit observaţii şi date. Dimpotrivă, Galilei a interpretat observaţiile asupra pendulului, Aristotel — observaţiile asupra corpurilor în cădere, Musschenbroek — observaţiile asupra unei sticle încărcate electric, iar Franklin — observaţiile asupra condensatorului. Dar fiecare din aceste interpretări presupunea o paradigmă. Ele erau părţi ale ştiinţei normale, o întreprindere care, cum am văzut, vizează să perfecţioneze, să extindă şi să articuleze o paradigmă deja existentă. Secţiunea a III-a ne-a oferit multe exemple în care interpretarea juca un rol central. Acele exemple sînt tipice pentru majoritatea covîrşitoare a cercetărilor ştiinţifice. În fiecare din ele, în virtutea unei paradigme acceptate, omul de ştiinţă ştia ce era un fapt, ce instrumente puteau fi folosite pentru a-l reconstitui şi ce concepte erau relevante pentru interpretarea sa. Fiind dată o paradigmă, interpretarea datelor este esenţială pentru explorarea lor.

Dar această întreprindere interpretativă poate numai să articuleze, nu şi să corecteze o paradigmă. Paradigmele nu sînt nicidecum corigibile de către ştiinţa normală. În schimb, cum am putut vedea, ştiinţa normală duce în ultimă instanţă la recunoaşterea anomaliilor şi la criză. Iar acestea iau sfîrşit nu prin deliberare şi interpretare, ci printr-un eveniment relativ brusc şi nestructurat, asemănător unei transformări de *gestalt*. În astfel de cazuri, oamenii de ştiinţă pomenesc adesea de „un văl care se

ridică de pe ochi" sau de o „străfulgerare" care „luminează" un *puzzle* pînă atunci obscur, îngăduind componentelor sale să fie văzute într-un chip nou care, pentru prima oară, permite rezolvarea sa. În alte ocazii, iluminarea relevantă vine în somn [13]. Nici un sens obişnuit al termenului „interpretare" nu corespunde acestor sclipiri de intuiţie prin care se naşte o nouă paradigmă. Deşi aceste intuiţii depind de experienţă, atît de cea neobişnuită cît şi de cea uzuală, cîştigată cu vechea paradigmă, ele nu sînt logic sau fragmentar legate de elemente particulare ale acelei experienţe, cum se întîmplă în cazul interpretării. Dimpotrivă, ele concentrează largi porţiuni ale experienţei, pe care le transformă într-un flux experienţial diferit, corelat apoi fragmentar noii paradigme, dar nu şi celei vechi.

Pentru a afla mai multe despre ceea ce pot fi diferenţele în experienţă, să ne reîntoarcem, pentru moment, la Aristotel, Galilei şi la pendul. Ce date devin accesibile fiecăruia din ei prin interacţiunea dintre paradigmele lor diferite şi acelaşi mediu înconjurător? Observînd căderea forţată, aristotelicienii vor măsura (sau cel puţin discuta, căci aristotelicienii nu prea măsurau) greutatea pietrei, înălţimea verticală la care a fost ridicată şi timpul necesar pentru a ajunge în repaus. Împreună cu rezistenţa mediului, acestea erau categoriile conceptuale pe care le folosea ştiinţa aristotelică, atunci cînd avea de-a face cu un corp în cădere [14]. Cercetarea normală ghidată de ele nu ar fi putut produce legile pe care le-a descoperit Galilei. Ea ar fi putut numai, ceea ce a şi făcut pe o altă cale, să ducă la o serie de crize, din care a apărut concepţia lui Galilei despre pendul. Ca rezultat al acelor crize şi al altor mutaţii intelectuale, Galilei a văzut oscilaţia corpurilor cu totul diferit. Cercetările lui Arhimede asupra corpurilor plutitoare au făcut mediul neesenţial; teoria impulsului a dat mişcării simetrie şi durată; iar neoplatonismul a îndreptat atenţia lui Galilei către forma circulară a mişcării [15].

---

[13] **Jacques Hadamard**, *Subconscient, intuition et logique dans la recherche scientifique* (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945 [Alençon, n. d.]), pp. 7—8. O expunere mai cuprinzătoare, deşi exclusiv restrînsă la inovaţia matematică, este lucrarea aceluiaşi autor, *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* (Princeton, 1949).

[14] **T. S. Kuhn**, „A Function for Thought Experiments", în *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton şi I. B. Cohen, Hermann (Paris, 1963).

[15] **A. Koyré**, *Études Galiléennes* (Paris, 1939), I, pp. 46—51; şi „Galileo and Plato", Journal of the History of Ideas, IV (1943), pp. 400—428.

El a măsurat, aşadar, numai greutatea, raza, deplasarea unghiulară şi timpul unei pendulări — adică, tocmai datele care puteau fi interpretate pentru a da legile galileene ale pendulului. În aceste condiţii, interpretarea s-a dovedit a fi aproape inutilă. Date fiind paradigmele lui Galilei, regularităţile de tipul pendulului erau aproape accesibile simplei observaţii. Cum am putea altfel explica descoperirea lui Galilei că perioada pendulului este întru totul independentă de amplitudine, o descoperire pe care ştiinţa normală provenită de la Galilei a trebuit s-o înlăture şi pe care astăzi n-o putem argumenta. Regularităţile care nu ar fi putut exista pentru un aristotelician (şi care, de fapt, nu sînt nicăieri întocmai exemplificate de natură) erau consecinţe ale experienţei imediate pentru cel care a văzut un corp oscilînd aşa cum l-a văzut Galilei.

Poate acest exemplu este prea fantezist, deoarece aristotelicienii n-au înregistrat nici o discuţie asupra oscilaţiei corpurilor. Potrivit paradigmei lor, fenomenul era extraordinar de complex. Dar aristotelicienii au discutat cazul mai simplu, al corpurilor căzînd fără să fie supuse unei forţe neobişnuite, şi se observă aceleaşi diferenţe de viziune. Urmărind o piatră în cădere, Aristotel vedea mai degrabă o schimbare de stare decît un proces. Pentru el, măsurile relevante ale unei mişcări erau, deci, distanţa totală parcursă şi timpul total scurs — parametrii care dau ceea ce numim astăzi nu viteză ci viteză medie [16]. La fel, întrucît piatra era împinsă de natura ei să-şi atingă punctul final de repaus, Aristotel vedea parametrul distanţei relevante, în orice moment din timpul mişcării, mai degrabă ca distanţa *pînă la* punctul final de repaus decît *de la* originea mişcării [17]. Aceşti parametri conceptuali fundamentează şi dau sens majorităţii binecunoscutelor sale „legi de mişcare". În parte, însă, datorită paradigmei impulsului şi, în parte, datorită unei doctrine a aşa-numitei latitudini a formelor, critica scolastică a schimbat acest mod de a concepe mişcarea. O piatră mişcată de impuls cîştigă tot mai mult impuls pe măsură ce se îndepărtează de punctul ei de plecare; aşadar mai degrabă distanţa *de la* decît distanţa *pînă la* devine parametrul relevant. În plus, noţiunea aristotelică de viteză a fost „bifurcată" de către

[16] Kuhn, *op. cit.*

[17] Koyré, *Études* ..., II, pp. 7—11.

scolastici în concepte care, după Galilei, aveau să devină viteza medie şi viteza instantanee. Văzute însă prin paradigma din care făceau parte aceste concepte, piatra în cădere ca şi pendulul îşi expuneau aproape la vedere legile ce le guvernau. Galilei nu a fost unul dintre primii care au avansat ideea că corpurile cad într-o mişcare uniform accelerată [18]. El a elaborat principiul acestei mişcări şi a multora din consecinţele lui înainte de a fi făcut experimente cu un plan înclinat. Acest principiu era numai unul dintr-o reţea de noi regularităţi, accesibile geniului dintr-o lume determinată în aceeaşi măsură de natură şi de paradigmele în care fuseseră formaţi Galilei şi contemporanii săi. Trăind în acea lume, Galilei putea totuşi, cînd vroia, să explice de ce Aristotel văzuse ceea ce văzuse. Cu toate acestea, conţinutul imediat al experienţei lui Galilei cu corpurile în cădere nu era acelaşi cu al experienţei lui Aristotel.

Fireşte nu este deloc clar de ce trebuie să acordăm atîta atenţie „experienţei imediate" — adică caracteristicilor perceptuale într-atît evidenţiate de o paradigmă încît îşi trădează regularităţile aproape la o primă privire. Aceste caracteristici trebuie evident să se schimbe împreună cu aderenţa omului de ştiinţă la o paradigmă sau alta; dar ele sînt departe de a fi ceea ce avem de obicei în minte cînd ne referim la datele sau experienţele brute de la care se presupune că pleacă cercetarea ştiinţifică. Poate că, fiind fluidă şi instabilă, experienţa imediată ar trebui lăsată de o parte, pentru a discuta în schimb operaţiile şi măsurătorile concrete pe care le efectuează omul de ştiinţă în laboratorul său. Sau poate că analiza ar trebui dusă mai departe de datul nemijlocit. Ea ar putea fi, de pildă, întreprinsă în termenii unui limbaj observaţional neutru — poate unul proiectat să corespundă impresiilor retinei care mediază ceea ce vede omul de ştiinţă. Numai pe una din aceste căi putem spera să regăsim un tărîm în care experienţa să fie din nou stabilă, o dată pentru totdeauna, în care pendulul şi căderea forţată să nu fie percepţii diferite, ci mai degrabă interpretări diferite ale datelor neechivoce furnizate de observarea unui corp în oscilaţie.

Dar este experienţa senzorială fixă şi neutră? Sînt teoriile simple interpretări ale unor anumite date? Punctul

[18] **Clagett**, *op. cit.* cap. 4, 6 şi 9.

de vedere epistemologic care a orientat cel mai adesea, vreme de trei secole, filozofia occidentală reclamă un imediat şi limpede : da ! În lipsa unei alternative mature, mi se pare imposibil să renunţăm cu totul la această concepţie. Dar ea nu mai funcţionează efectiv, iar încercările de a-i reda efectivitatea prin introducerea unui limbaj observaţional neutru mi se par acum lipsite de perspective.

Operaţiile şi măsurătorile efectuate de omul de ştiinţă în laborator nu reprezintă „ceea-ce-este-dat" în experienţă, ci mai curînd „ceea-ce-este-adunat-cu-dificultate". Ele nu sînt ceea ce vede omul de ştiinţă — cel puţin nu înainte ca cercetarea sa să fie foarte înaintată, iar atenţia sa bine concentrată ; mai degrabă, ele sînt indici concreţi ai conţinutului unor percepţii mai elementare şi, ca atare, sînt alese şi supuse examenului atent al ştiinţei normale numai pentru că promit o elaborare fructuoasă a paradigmei acceptate. Mult mai evident decît experienţa imediată din care provin în parte, operaţiile şi măsurătorile sînt determinate de paradigmă. Ştiinţa nu efectuează toate operaţiile posibile de laborator. Ea alege în schimb numai pe cele relevante zonei de intersecţie dintre o paradigmă şi experienţa imediată pe care acea paradigmă a determinat-o parţial. În consecinţă, oamenii de ştiinţă cu diferite paradigme se angajează în operaţii de laborator diferite. Măsurătorile de efectuat asupra unui pendul nu sînt relevante şi în cazul căderii forţate. La fel cum operaţiile relevante pentru elucidarea proprietăţilor oxigenului nu sînt întotdeauna identice cu cele necesare investigării caracteristicilor aerului deflogisticat.

În ceea ce priveşte un limbaj observaţional pur, nu este exclus să poată fi creat unul. Dar, la trei secole după Descartes, speranţa noastră într-o asemenea posibilitate depinde încă exclusiv de o teorie a percepţiei şi intelectului. Iar experimentele psihologice moderne creează cu repeziciune o abundenţă de fenomene cărora o asemenea teorie cu greu le mai poate face faţă. Experimentul cu raţa şi iepurele arată că doi oameni, cu aceleaşi impresii retinale, pot vedea lucruri diferite ; experimentul cu lentilele inversante arată că doi oameni, cu impresii retinale diferite, pot vedea acelaşi lucru. Psihologia furnizează nenumărate alte dovezi în acest sens, iar îndoielile pe care acestea le generează sînt confirmate de istoria încercărilor de a evidenţia un limbaj real al observaţiilor. Nici o încer-

care curentă în această direcție nu a reușit pînă acum să se apropie de un limbaj general aplicabil al percepțiilor pure. Iar încercările cele mai reușite au o caracteristică comună care confirmă cu pregnanță cîteva din principalele teze ale acestui eseu. De la bun început, ele presupun o paradigmă, preluată fie dintr-o teorie științifică curentă, fie dintr-o porțiune a discursului cotidian, din care încearcă apoi să elimine toți termenii nonlogici și nonperceptuali. În cîteva zone de discurs, aceste încercări au mers foarte departe, obținîndu-se rezultate fascinante. Nu încape nici o îndoială că asemenea eforturi merită să fie continuate. Dar ele au ca rezultat un limbaj care — asemenea celor folosite în știință — încorporează o mulțime de așteptări despre natură și care nu mai poate funcționa în momentul în care aceste așteptări sînt înșelate. Nelson Goodman subliniază tocmai acest aspect cînd enunță scopul cărții sale *The Structure of Appearance* : „Din fericire nu este vorba de nimic altceva [decît de fenomene cunoscute că există]; căci ideea de cazuri « posibile », de cazuri care nu există dar ar fi putut exista, este departe de a fi clară"[19]. Nici un limbaj astfel limitat la descrierea unei lumi integral cunoscute dinainte nu poate produce simple descrieri neutre și obiective ale „datului". Investigația filozofică nu ne-a dat încă nici cea mai mică idee de cum va arăta un limbaj capabil de asemenea performanțe.

În aceste condiții, putem cel puțin bănui că oamenii de știință au dreptate, în principiu ca și în practică, atunci cînd tratează oxigenul și pendulele (și poate, de asemenea, atomii și electronii) ca părți constitutive fundamentale ale experienței lor imediate. Ca rezultat al experienței rasei, culturii și, în sfîrșit, a profesiunii, experiență încorporată-în-paradigme, lumea omului de știință a ajuns să fie populată cu planete și penduluri, condensatori și minereuri

---

[19] **N. Goodman**, *The Structure of Appearance* (Cambridge, Mass., 1951), pp. 4—5. Pasajul merită citat mai pe larg : „Dacă acei și numai acei locuitori din Wilmington care în 1947 cîntăresc între 175 și 180 de pfunzi au părul roșu, atunci expresiile «locuitorul cu părul roșu din Wilmington în 1947» și «locuitorul din Wilmington în 1947 cîntărind între 175 și 180 de pfunzi» pot fi alăturate într-o definiție construcțională ... Întrebarea dacă ar fi putut exista cineva căruia să i se aplice unul dar nu și celălalt dintre aceste predicate nu are nici un sens... de îndată ce am stabilit că nu există o asemenea persoană... Din fericire, nu este vorba de nimic altceva căci noțiunea de cazuri « posibile », de cazuri care nu există dar ar fi putut să existe, este departe de a fi clară".

compuse precum şi cu alte asemenea entităţi. Comparate cu aceste obiecte ale percepţiei, atît citirea măsurătorilor cît şi impresiile retinale sînt constructe elaborate la care experienţa are acces direct numai cînd omul de ştiinţă, din raţiuni particulare ale cercetării, facilitează acest proces. Nu înseamnă că pendulele, de pildă, ar fi singurele obiecte pe care le poate vedea omul de ştiinţă cînd priveşte la un corp în oscilaţie. (Am notat deja că membrii unei alte comunităţi ştiinţifice pot vedea, în acest caz, o cădere forţată.) Dar omul de ştiinţă care priveşte la un corp ce oscilează nu poate avea nici o experienţă care să fie, în principiu, mai elementară decît imaginea unui pendul. Alternativa nu este o viziune ipotetică „fixă", ci o viziune printr-o altă paradigmă, în care corpul în oscilaţie este altceva.

Toate acestea pot părea mai rezonabile dacă ne reamintim că nici oamenii de ştiinţă nici profanii nu învaţă să vadă lumea fragmentar sau bucată cu bucată. Exceptînd cazul în care toate categoriile conceptuale şi instrumentale sînt pregătite dinainte — de pildă, pentru a descoperi un nou element transuranic sau pentru a zări o casă nouă — atît oamenii de ştiinţă cît şi profanii desprind porţiuni întregi din fluxul experienţei lor. Copilul care transferă cuvîntul „mamă" de la toţi oamenii la toate femeile şi apoi la mama sa nu învaţă numai ce înseamnă „mamă" sau cine este mama sa. În acelaşi timp, el învaţă unele din diferenţele dintre bărbaţi şi femei, ca şi ceva despre felul în care numai o singură femeie din toate se va comporta faţă de el. Reacţiile, aşteptările şi convingerile sale — de fapt, o mare parte din lumea pe care o percepe — se vor schimba în mod corespunzător. În acelaşi sens, copernicanii care negau Soarelui denumirea sa tradiţională de „planetă" nu învăţau numai ce înseamnă „planetă" sau ce este Soarele. Ei modificau semnificaţia „planetei" astfel încît acest termen să poată continua să facă distincţii utile într-un univers în care toate corpurile cereşti, nu numai Soarele, erau văzute diferit de cum fuseseră văzute înainte. Aceeaşi caracterizare poate fi aplicată oricăruia din exemplele noastre anterioare. A vedea oxigen în loc de aer deflogisticat, condensator în loc de butelie de Leyda, sau pendul în loc de cădere forţată a fost numai o parte a unei mutaţii integrale produse în viziunea omului de ştiinţă despre numeroase fenomene chimice, electrice sau dinamice

înrudite. Paradigmele determină, în acelaşi timp, vaste arii de experienţă.

Totuşi numai după ce experienţa a fost astfel determinată, poate începe căutarea unei definiţii operaţionale sau a unui limbaj observaţional pur. Omul de ştiinţă sau filozoful, care se întreabă ce măsurători sau impresii retinale fac ca pendulul să fie ceea ce este, trebuie să fie deja în stare să recunoască un pendul cînd îl vede. Dacă vedea în loc de pendul căderea forţată, întrebarea sa nu putea fi nici măcar pusă. Iar dacă vedea un pendul dar în acelaşi fel în care vedea un diapazon sau un cîntar oscilînd, întrebarea sa nu putea primi un răspuns. Sau, cel puţin nu putea primi acelaşi răspuns, întrucît nu ar fi fost aceeaşi întrebare. Aşadar, deşi sînt întotdeauna legitime iar, uneori, extrem de fructuoase, întrebările despre impresiile retinale sau despre consecinţele unor anumite operaţii de laborator presupun o lume clasificată deja perceptual şi conceptual într-un anumit fel. Într-un sens, astfel de întrebări sînt părţi ale ştiinţei normale pentru că depind de existenţa unei paradigme şi primesc diferite răspunsuri ca urmare a schimbării paradigmei.

Pentru a încheia această secţiune, să lăsăm la o parte impresiile retinale şi să ne concentrăm din nou atenţia asupra operaţiilor de laborator care îi furnizează omului de ştiinţă indicii concrete, deşi fragmentare, a ceea ce a văzut deja. Am mai notat, de cîteva ori, una din căile prin care asemenea operaţii de laborator se modifică odată cu paradigmele. După o revoluţie ştiinţifică, multe măsurători şi operaţii vechi devin irelevante şi sînt înlocuite cu altele. Un chimist nu aplică aceleaşi teste oxigenului ca şi aerului deflogisticat. Dar asemenea schimbări nu sînt niciodată totale. Orice ar putea vedea atunci, omul de ştiinţă priveşte totuşi, după o revoluţie, la aceeaşi lume. Apoi, deşi putea să le fi folosit diferit înainte, o bună parte din limbajul său şi majoritatea instrumentelor sale de laborator sînt încă aceleaşi ca şi mai înainte. În consecinţă, ştiinţa postrevoluţionară cuprinde invariabil multe din aceleaşi operaţii, efectuate cu aceleaşi instrumente şi descrise în aceiaşi termeni ca şi predecesoarea ei prerevoluţionară. Dacă, totuşi, aceste operaţii durabile s-au schimbat în cele din urmă, schimbarea trebuie să rezide fie în relaţia lor faţă de paradigmă, fie în rezultatele lor concrete. Voi sugera acum, prin introducerea unui ultim nou exem-

plu, că întîlnim ambele aceste tipuri de schimbări. Examinînd opera lui Dalton şi a contemporanilor săi, vom descoperi că una şi aceeaşi operaţie, aplicată naturii printr-o paradigmă diferită, poate deveni un indiciu al unui aspect cu totul diferit al regularităţii naturii. În plus, vom vedea că uneori vechea operaţie, în noul ei rol, va duce la rezultate concrete diferite.

O bună parte din secolele al optsprezecelea şi al nouăsprezecelea, aproape toţi chimiştii europeni au crezut că atomii elementari, din care erau compuse toate speciile chimice, sînt uniţi prin forţe de afinitate mutuală. Astfel, o bucată de argint îşi menţinea coeziunea datorită forţelor de afinitate dintre particulele de argint (pînă după Lavoisier se credea că aceste particule erau ele însele compuse din particule şi mai elementare). Potrivit aceleiaşi teorii, argintul se dizolva în acid (sau sarea în apă) pentru că particulele de acid le atrăgeau pe cele de argint (sau particulele de apă pe cele de sare) mai puternic decît se atrăgeau între ele particulele acestor solvenţi. De asemenea, cuprul se dizolva într-o soluţie de argint şi precipita argintul pentru că afinitatea acidului pentru cupru era mai mare decît cea pentru argint. Multe alte fenomene erau explicate în acelaşi fel. În secolul al optsprezecelea, teoria afinităţii elective era o paradigmă chimică admirabilă, larg şi uneori fructuos aplicată în proiectarea şi analiza experimentelor chimice [20].

Dar teoria afinităţii trasa o linie de demarcaţie care separa amestecurile fizice de compuşi chimici într-un mod care a devenit neobişnuit după asimilarea ideilor lui Dalton. Chimiştii secolului al optsprezecelea recunoşteau două feluri de procese. Cînd amestecul producea căldură, lumină, efervescenţă sau ceva asemănător, se credea că a avut loc combinarea chimică. Dacă, pe de altă parte, particulele din amestec puteau fi distinse cu ochiul sau separate mecanic, se credea că avusese loc numai un amestec fizic. Dar într-un foarte mare număr de cazuri intermediare — sare în apă, aliaje, sticlă, oxigen în atmosferă şi altele — aceste criterii primitive nu erau de prea mult folos. Ghidaţi de paradigma lor, cei mai mulţi dintre chimişti concepeau această zonă intermediară ca fiind chimică, deoarece procesele ei constitutive erau, toate, guvernate de aceleaşi

[20] H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), pp. 34—68.

forţe. Sarea în apă sau oxigenul în azot erau în aceeaşi măsură exemple de combinaţii chimice ca şi combinaţia produsă prin oxidarea cuprului. Argumentele în sprijinul conceperii soluţiilor ca compuşi erau foarte puternice. Însăşi teoria afinităţii era bine confirmată. În plus, formarea unui compus explica omogenitatea observată la soluţii. De pildă, dacă oxigenul şi azotul erau numai amestecate şi nu combinate în atmosferă, atunci gazul mai greu, oxigenul, trebuia să se lase în jos. Dalton, care considera atmosfera un amestec, nu a reuşit niciodată să explice satisfăcător de ce nu se întîmplă acest fenomen. Asimilarea teoriei sale atomice a creat pînă la urmă o anomalie acolo unde, înainte, nu fusese niciuna [21].

Cineva poate fi tentat să spună că chimiştii care concepeau soluţiile ca compuşi se deosebeau de urmaşii lor numai în privinţa unei definiţii. Într-un sens, s-ar putea să fi fost aşa. Dar acest sens nu este cel care conferă definiţiilor o simplă funcţie convenţională. În secolul al optsprezecelea, amestecurile nu erau întru totul distinse de compuşi prin teste operaţionale şi probabil că nici nu puteau fi. Chiar dacă chimiştii încercau să găsească asemenea teste, ei ar fi căutat criterii care să facă din soluţie un compus. Determinaţia amestec-compus făcea parte din paradigmalor, din modul în care îşi concepeau întregul domeniu de cercetare şi, ca atare, ea era anterioară oricărui test particular de laborator, deşi nu era anterioară ansamblului experienţei acumulate a chimiştilor.

Dar în vreme ce chimia era concepută astfel, fenomenele chimice ilustrau legi diferite de cele apărute odată cu asimilarea noii paradigme a lui Dalton. În particular, în vreme ce soluţiile rămîneau compuşi, nici o cantitate de experienţe chimice nu ar fi putut produce, de la sine, legea proporţiilor fixe sau definite. La sfîrşitul secolului al optsprezecelea, se ştia că *unii* compuşi conţineau în mod obişnuit elemente în proporţii fixe de greutate. Pentru unele tipuri de reacţii, chimistul german Richter observase chiar şi alte regularităţi, cuprinse acum în legea echivalenţilor chimici [22]. Dar nici un chimist nu a folosit aceste

[21] *Ibidem*, pp. 124—129, 139—148. Pentru Dalton, vezi Leonard K. Nash, *The Atomic-Molecular Theory* („Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 4; Cambridge, Mass., 1950), pp. 14—22.

[22] J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; London, 1951), pp. 161—163.

regularităţi, decît în reţete, şi pînă aproape de sfîrşitul secolului nici unul nu s-a gîndit să le generalizeze. Date fiind contraexemplele evidente, precum sticla sau sarea în apă, nu era posibilă nici o generalizare fără abandonarea teoriei afinităţii şi reconceptualizarea graniţelor domeniului chimiei. Această consecinţă a devenit explicită, chiar la sfîrşitul secolului, într-o celebră controversă dintre chimiştii francezi Proust şi Berthollet. Primul pretindea că toate reacţiile chimice au loc în proporţii fixe, iar celălalt nega acest lucru. Fiecare a adunat dovezi experimentale impresionante în sprijinul concepţiei sale. Totuşi era vorba inevitabil de un dialog între surzi, controversa lor fiind cu totul neconcludentă. Acolo unde Berthollet vedea un compus care putea varia în proporţie, Proust vedea numai un amestec fizic [23]. Nici experimentele, nici o schimbare de convenţie definiţională nu puteau fi relevante în această problemă. Între cei doi chimişti era o neînţelegere la fel de fundamentală precum fusese cea dintre Galilei şi Aristotel.

Aceasta era situaţia în anii în care John Dalton a întreprins cercetările care aveau, în final, să-l ducă la faimoasa sa chimie atomică. Dar pînă la ultimele stadii ale acestei cercetări, Dalton nu a fost nici chimist nici interesat în chimie. În schimb, el a fost un meteorolog care investiga, pentru el, problemele fizice ale absorbţiei gazelor de către apă şi a apei de către atmosferă. Datorită pregătirii sale într-o altă specialitate, pe de o parte, şi propriilor sale cercetări în acea specialitate, pe de altă parte, el a abordat aceste probleme cu o paradigmă diferită de cea a chimiştilor contemporani cu el. În particular, el a văzut în amestecul gazelor sau în absorbţia unui gaz în apă un proces fizic, în care forţele de afinitate nu joacă nici un rol. Pentru el, deci, omogenitatea observată în cazul soluţiilor era o problemă, dar o problemă pe care credea că o poate rezolva dacă putea determina mărimile şi greutăţile relative ale diferitelor particule atomice din amestecurile sale experimentale. Pentru a determina aceste mărimi şi greutăţi, Dalton şi-a îndreptat pînă la urmă atenţia spre chimie, presupunînd de la început că, în do-

[23] A. N. Meldrum, „The Development of the Atomic Theory": (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV (1910), 1—16.

meniul restrins al reacţiilor pe care le considera chimice, atomii se puteau combina numai unul cîte unul sau într-un alt raport simplu de numere întregi [24]. Această ipoteză firească i-a permis să determine mărimile şi greutăţile particulelor elementare, dar totodată ea a transformat legea proporţiilor constante într-o tautologie. Pentru Dalton, orice reacţie în care ingredienţii nu intrau într-o proporţie fixă nu era, *ipso facto*, un proces pur chimic. O lege pe care experimentele nu ar fi putut-o stabili înainte de cercetările lui Dalton a devenit, de îndată ce aceste cercetări au fost acceptate, un principiu constitutiv pe care nu l-ar fi putut infirma nici o serie izolată de măsurători chimice. Ca urmare a ceea ce este poate cel mai complet exemplu al nostru de revoluţie ştiinţifică, aceleaşi operaţii chimice s-au raportat la generalizări chimice într-un mod cu totul diferit de cel cunoscut înainte.

Este inutil să mai spunem că concluziile lui Dalton au fost puternic atacate cînd au fost prezentate pentru prima oară. Berthollet, în particular, nu a fost niciodată convins ; considerînd natura problemei, nici nu trebuia să fi fost. Dar pentru majoritatea chimiştilor, noua paradigmă a lui Dalton s-a dovedit convingătoare acolo unde cea a lui Proust nu fusese, căci ea avea implicaţii mult mai vaste şi mai importante decît un nou criteriu de a distinge între un amestec şi un compus. Dacă, de pildă, atomii s-ar putea combina chimic numai în raporturi simple de numere întregi, atunci o reexaminare a datelor chimice existente ar dezvălui exemple de proporţii, şi multiple şi fixe. Chimiştii au încetat să mai scrie că cei doi oxizi de, să zicem, carbon conţineau 56 la sută şi respectiv 72 la sută oxigen în greutate ; în schimb, ei scriau că o greutate de carbon se va combina fie cu 1 la 3 fie cu 2 la 6 greutăţi de oxigen. Cînd rezultatele vechilor operaţii erau înregistrate în acest fel, sărea în ochi un raport de 2 la 1 ; şi aceasta s-a întîmplat cu analiza multor reacţii bine cunoscute şi a altora noi. În plus, paradigma lui Dalton a permis asimilarea operei lui Richter şi înţelegerea ei deplină. De asemenea, ea a sugerat noi experimente, îndeosebi cele ale lui Gay-Lussac asupra combinării volumelor, iar acestea au dezvăluit alte regularităţi pe care chimiştii nu şi le imaginaseră

[24] L. K. Nash, „The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, XLVII (1956), 101—116.

înainte. Chimiştii nu au luat de la Dalton noi legi experimentale, ci un nou mod de a practica chimia (pe care el însuşi îl numea „noul sistem al filozofiei chimice"), care s-a dovedit într-atît de repede fructuos încît numai puţini dintre chimiştii mai bătrîni din Franţa şi Anglia au putut să-i reziste [25]. Ca urmare, chimiştii au ajuns să trăiască într-o lume în care reacţiile se comportau cu totul diferit faţă de cum o făcuseră înainte.

În timp ce se desfăşura acest proces, s-a întîmplat o altă schimbare tipică şi foarte importantă. Ici şi colo, înseşi datele numerice ale chimiei au început să se modifice. Cînd Dalton a cercetat pentru prima oară literatura de chimie pentru a-şi sprijini teoria fizică, el a găsit unele date despre reacţii care se potriveau, dar şi altele care nu se potriveau de loc. Propriile măsurători ale lui Proust asupra celor doi oxizi de cupru dădeau, de pildă, o proporţie de greutate a oxigenului de 1,47 la 1 mai degrabă decît 2 la 1, cum o cerea teoria atomică; iar Proust era tocmai acela care ar fi trebuit să obţină proporţia lui Dalton [26]. El era, adică, un bun experimentator, iar concepţia sa despre relaţia dintre amestecuri şi compuşi era foarte apropiată de cea a lui Dalton. Dar este greu să conformezi natura la o paradigmă. Iată de ce *puzzles* ale ştiinţei normale sînt atît de solicitante şi, de asemenea, de ce măsurătorile întreprinse fără o paradigmă duc atît de rar la vreo concluzie. Chimiştii nu puteau, deci, să accepte teoria lui Dalton pe baza probelor, pentru că multe din acestea îi erau încă nefavorabile. Dimpotrivă, chiar după acceptarea teoriei, ei au mai trebuit să aducă natura la ordine — un proces care a mai durat aproape o generaţie. Cînd acesta a luat sfîrşit, chiar şi compoziţia procentuală a unor compuşi bine cunoscuţi era diferită. Înseşi datele se schimbaseră. Acesta este ultimul dintre sensurile în care am dori să spunem că, după o revoluţie, oamenii de ştiinţă lucrează într-o lume diferită.

---

[25] **A. N. Meldrum**, „The Development of the Atomic Theory" (6) „The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton", *Manchester Memoirs*, LV, (1911), 1—10.

[26] În privinţa lui Proust, vezi **Meldrum**, „Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV (1910), 8. Istoria detaliată a schimbărilor treptate în măsurarea compoziţiei chimice şi greutăţilor atomice rămîne să fie scrisă, dar **Partington**, *op. cit.*, oferă numeroase indicii utile.

# XI. INVIZIBILITATEA REVOLUȚIILOR

Trebuie totuși să ne întrebăm cum se încheie revoluțiile științifice. Dar înainte de aceasta, pare oportună o ultimă încercare de a ne întări convingerea în existența și natura lor. Pînă acum, am încercat să evidențiez revoluțiile prin ilustrare — și exemplele ar putea fi multiplicate *ad nauseam*. Dar, evident, cele mai multe dintre ele — deliberat alese pentru familiaritatea lor — au fost în mod obișnuit concepute nu ca revoluții ci ca adaosuri la cunoașterea științifică. Această concepție s-ar putea la fel de bine aplica oricăror alte exemple — fără prea multe rezultate, probabil. Cred că există cauze serioase pentru care revoluțiile s-au dovedit într-atît de invizibile. Atît oamenii de știință cît și nespecialiștii preiau o bună parte din imaginea pe care o au despre activitatea științifică creatoare dintr-o sursă de autoritate, care ascunde sistematic (în parte, din motive funcționale importante) existența și semnificația revoluțiilor științifice. Numai cînd natura acestei autorități este recunoscută și analizată, putem spera că exemplele istorice vor deveni pe deplin relevante. Dealtfel — deși această idee poate fi amplu dezvoltată numai în secțiunea finală — analiza care se impune acum va începe să dezvăluie unul din aspectele muncii științifice care o distinge foarte clar de orice altă activitate creatoare, cu excepția poate, a teologiei.

Ca sursă de autoritate, am în vedere îndeosebi manualele de știință, împreună cu lucrările de popularizare și cele

filozofice modelate după primele. Toate aceste trei categorii — pînă recent nu existau alte surse semnificative de informaţie despre ştiinţă, exceptînd practica cercetării — au ceva comun. Ele se adresează unui corp, deja articulat, de probleme, date şi teorie, cel mai adesea unei mulţimi particulare de paradigme faţă de care este angajată comunitatea ştiinţifică în perioada în care ele sînt scrise. Manualele au ca scop să comunice vocabularul şi sintaxa unui limbaj ştiinţific contemporan. Cărţile de popularizare încearcă să descrie aceleaşi lucruri într-un limbaj mai apropiat de cel cotidian. Iar filosofia ştiinţei, îndeosebi cea anglo-saxonă, analizează structura logică a aceluiaşi corp finit de cunoaştere ştiinţifică. Deşi o tratare mai largă ar trebui să considere neapărat deosebirile foarte reale dintre aceste trei genuri, ceea ce ne interesează îndeosebi aici sînt tocmai asemănările lor. Toate trei înregistrează *rezultatul* stabil al revoluţiilor trecute, evidenţiind astfel bazele tradiţiei curente de ştiinţă normală. Pentru a-şi îndeplini funcţia, ele nu au nevoie să furnizeze informaţii autentice despre modul în care bazele respective au fost mai întîi recunoscute şi apoi adoptate de către comunitatea ştiinţifică. În această privinţă, manualele, cel puţin, au chiar motive întemeiate de a induce sistematic în eroare.

Arătam în secţiunea a II-a că folosirea tot mai largă a manualelor, sau a echivalentelor lor, şi încrederea tot mai mare în ele au însoţit invariabil apariţia unei prime paradigme în orice domeniu al ştiinţei. Ultima secţiune a acestui eseu va argumenta că dominarea unei ştiinţe mature de către asemenea manuale diferenţiază în mod semnificativ modul ei de dezvoltare de cel al altor domenii de activitate. Pentru moment, să admitem doar că, într-o măsură fără precedent în alte domenii, cunoaşterea ştiinţei atît de către nespecialist cît şi de către practician se bazează pe manuale şi pe cîteva alte genuri de literatură derivate din ele. Manualele, însă, fiind vehicule pedagogice de perpetuare a ştiinţei normale, trebuie rescrise integral sau parţial de cîte ori se schimbă limbajul, structura problematicii sau standardele ştiinţei normale. Pe scurt, ele trebuie rescrise după fiecare revoluţie ştiinţifică şi, odată rescrise, ele ascund inevitabil nu numai rolul dar şi existenţa revoluţiilor care le-au produs. Exceptînd cazul în care a trăit personal o asemenea revoluţie, simţul istoric al practicianului ştiinţei sau al cititorului nespecialist de

manuale nu depăşeşte rezultatul celor mai recente revoluţii din domeniul respectiv.

Aşadar, manualele încep prin a amputa simţul omului de ştiinţă pentru istoria disciplinei sale, spre a-i oferi în schimb un substitut a ceea ce au eliminat. De obicei, manualele de ştiinţă cuprind doar o fărîmă de istorie, fie într-un capitol introductiv, fie, mai frecvent, într-o puzderie de referiri la marii eroi ai unor epoci trecute. Din asemenea referiri, atît studenţii cît şi profesioniştii ajung să se simtă participanţi la o tradiţie istorică îndelungată. Dar acea tradiţie, derivată din manuale, prin care oamenii de ştiinţă ajung la semnificaţia participării lor, nu a existat de fapt niciodată. Din motive evidente şi foarte funcţionale, manualele de ştiinţă (şi prea multe dintre vechile istorii ale ştiinţei) se referă numai la acea parte a operei oamenilor de ştiinţă din trecut care poate fi lesne concepută ca o contribuţie la prezentarea şi rezolvarea problemelor paradigmatice ale manualelor. În parte prin selecţie şi, în parte, prin denaturare, oamenii de ştiinţă din trecut sînt implicit prezentaţi ca şi cum ar fi lucrat la acelaşi set de probleme fixe şi potrivit aceluiaşi set de canoane fixe pe care cea mai recentă revoluţie în teorie şi în metoda ştiinţifică le-a făcut să pară ştiinţifice. Nu este, deci, de mirare că manualele şi tradiţia istorică pe care o implică trebuie rescrise după fiecare revoluţie ştiinţifică. După cum nu e de mirare că, pe măsură ce ele sînt rescrise, ştiinţa ajunge să pară din nou eminamente cumulativă.

Oamenii de ştiinţă nu constituie, fireşte, singurul grup care tinde să-şi vadă trecutul disciplinei dezvoltîndu-se linear în direcţia punctului de vedere actual. Tentaţia de a scrie istoria retrospectiv este omniprezentă şi perenă. Dar oamenii de ştiinţă cedează mai uşor tentaţiei de a rescrie istoria, în parte pentru că rezultatele cercetării ştiinţifice nu indică vreo dependenţă evidentă de contextul istoric al investigaţiei şi în parte pentru că, cu excepţia perioadelor de criză şi revoluţie, poziţia contemporană a omului de ştiinţă pare atît de sigură. Mai multe detalii istorice, privind prezentul ştiinţei sau trecutul ei, sau o mai mare responsabilitate faţă de detaliile istorice prezentate nu ar putea decît să dea un statut artificial idiosincraziei, erorii şi confuziei omeneşti. De ce să preţuim ceea ce eforturile cele mai nobile şi constante ale ştiinţei ne-au dat posibilitatea să ignorăm? Deprecierea faptului istoric

este adînc şi probabil funcţional înrădăcinată în ideologia profesiunii ştiinţifice, acea profesiune care pune cel mai mare preţ pe detalii factuale de altă natură. Whitehead a surprins spiritul anistoric al comunităţii ştiinţifice cînd scria că : „O ştiinţă care ezită să-şi uite fondatorii este pierdută". Dar el nu avea întru totul dreptate căci ştiinţele, asemenea altor întreprinderi profesionale, au nevoie de eroii lor şi le păstrează numele. Din fericire, în loc de a-şi uita eroii, oamenii de ştiinţă au fost în stare să le uite operele sau să le revizuiască.

Ceea ce rezultă este o tendinţă persistentă de a atribui istoriei ştiinţei un caracter linear sau cumulativ, o tendinţă căreia nu-i rezistă nici măcar oamenii de ştiinţă care privesc retrospectiv la propriile lor cercetări. De pildă, toate cele trei relatări incompatibile ale lui Dalton asupra dezvoltării atomismului său chimic dau impresia că el era preocupat încă de timpuriu tocmai de acele probleme chimice ale combinării proporţiilor a căror rezolvare i-a adus mai tîrziu faimă. În realitate, acele probleme par să-i fi venit în minte doar odată cu soluţiile lor şi, deci, cînd activitatea sa creatoare era aproape încheiată [1]. Ceea ce omit toate relatările lui Dalton sînt efectele revoluţionare ale aplicării în chimie a unei serii de probleme şi concepte pînă atunci restrînse la fizică şi meteorologie. Este tocmai ceea ce a făcut Dalton şi rezultatul a fost o reorientare a domeniului, o reorientare care i-a învăţat pe chimişti să pună noi întrebări despre — şi să tragă noi concluzii din — vechile date.

La fel, Newton scria că Galilei a descoperit că forţa constantă a gravitaţiei produce o mişcare proporţională cu pătratul timpului. De fapt, teorema cinematică a lui Galilei ia această formă cînd este cuprinsă în matricea propriilor concepte dinamice ale lui Newton. Dar Galilei nu a afirmat nicidecum ceva asemănător. Expunerea sa asupra corpurilor în cădere face rareori aluzie la forţe, cu atît mai puţin la o forţă gravitaţională constantă care cauzează căderea corpurilor [2]. Atribuindu-i lui Galilei răspunsul

[1] L. K. Nash, „The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, XLVII (1956), 101—116.

[2] În legătură cu observaţia lui Newton, vezi Florian Cajori (ed.), *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World* (*Berkeley*, Calif., 1946), p. 21. Pasajul trebuie comparat cu expunerea lui Galilei din *Dialogues concerning Two New Sciences*, trad. H. Grew şi A. de Salvio (Evanston, Ill., 1946), pp. 154—176.

la o întrebare pe care paradigma lui Galilei nu o permitea, relatarea lui Newton ascunde efectul unei reformulări limitate dar revoluționare a întrebărilor pe care oamenii de știință le puneau în legătură cu mișcarea, ca și a răspunsurilor pe care erau dispuși să le accepte. Dar tocmai acest gen de schimbare în formularea întrebărilor și răspunsurilor este cel care dă seamă, mai mult decît noile descoperiri empirice, de tranziția de la dinamica artistotelică la cea a lui Galilei și de la aceasta din urmă la cea a lui Newton. Ascunzînd asemenea schimbări, tendința manualelor de a lineariza dezvoltarea științei nu face decît să mascheze un proces care stă la baza celor mai semnificative episoade ale dezvoltării științei.

Exemplele anterioare evidențiază, fiecare în contextul unei singure revoluții, începuturile unei reconstrucții a istoriei care este regulat completată de manualele științifice postrevoluționare. Dar în această completare este implicat mai mult decît o multiplicare a denaturărilor istorice ilustrate mai sus. Aceste denaturări fac revoluțiile invizibile; aranjarea, în manualele de știință, a materialului încă vizibil implică un proces care, dacă ar exista, ar nega revoluțiilor orice funcție. Pentru că urmărește să-l familiarizeze, cît mai repede, pe student cu ceea ce comunitatea științifică contemporană crede că cunoaște, manualele tratează diferite experimente, concepte, legi și teorii ale științei normale curente cît mai separat și mai serial posibil. Pedagogic, această tehnică de prezentare este inatacabilă. Dar cînd este combinată cu spiritul în general anistoric al scrierii științei, ea produce aproape inevitabil impresia puternică că știința a atins stadiul actual printr-o serie de descoperiri și invenții individuale care, luate împreună, constituie edificiul modern al cunoașterii specializate. După modul de prezentare din manuale, oamenii de știință au urmărit, de la începuturile întreprinderii științifice, obiective particulare care sînt încorporate în paradigmele de astăzi. Unul cîte unul, într-un proces comparat adeseori cu punerea cărămizilor la o construcție, oamenii de știință ar fi urmărit să adauge noi fapte sau concepte, noi legi sau teorii la edificiul de informație prezentat în manualul științific contemporan.

Dar nu acesta este modul în care se dezvoltă știința. Multe din problemele științei normale contemporane nu au apărut decît în urma celei mai recente revoluții științifice.

Foarte puține dintre ele pot fi regăsite la începuturile istorice ale științei în care apar acum. Generațiile anterioare au cercetat propriile lor probleme cu propriile lor instrumente și propriile lor canoane pentru rezolvare. Și nu numai problemele s-au schimbat; s-a transformat, mai degrabă, întreaga rețea de fapte și teorie pe care paradigma manualului o aplică naturii. Este, de pildă, constanța compoziției chimice un simplu fapt de experiență pe care chimiștii l-ar fi putut descoperi experimental în oricare din lumile în care practicau? Sau este, mai degrabă, un element — și încă unul incontestabil — dintr-o nouă structură de fapte și teorie pe care Dalton a aplicat-o experienței chimice anterioare, ca întreg, modificînd-o în acest proces? Sau, în același sens, este accelerația constantă produsă de o forță constantă un simplu fapt pe care l-au căutat dintotdeauna cercetătorii dinamicii sau este, mai degrabă, răspunsul la o întrebare care s-a pus prima oară numai în teoria newtoniană și la care această teorie putea răspunde pe baza informației existente înainte de punerea întrebării?

Aceste întrebări sînt puse aici în legătură cu ceea ce apare în manuale ca prezentare a faptelor fragmentar descoperite. Dar ele au, evident, implicații și cu privire la ceea ce manualele prezintă ca teorii. Aceste teorii, firește, „se potrivesc faptelor", dar numai transformînd o informație prealabil accesibilă în fapte care, potrivit paradigmei precedente, nu existau cîtuși de puțin. Or aceasta înseamnă că nici teoriile nu se dezvoltă fragmentar pentru a se potrivi faptelor existente din totdeauna. Mai curînd, ele apar împreună cu faptele printr-o reformulare revoluționară a tradiției științifice precedente, o tradiție în care relația mediată-de-cunoaștere dintre omul de știință și natură nu era deloc aceeași.

Un ultim exemplu poate clarifica această explicație a influenței prezentărilor din manuale asupra imaginii noastre despre dezvoltarea științifică. Orice manual elementar de chimie trebuie să trateze conceptul de element chimic. Aproape întotdeauna cînd este introdus acest concept, originea lui este atribuită chimistului (din secolul al șaptesprezecelea) Robert Boyle, în a cărui carte, *Chimistul Sceptic*, cititorul atent va găsi o definiție a „elementului" foarte apropiată de cea folosită astăzi. Referirea la contribuția lui Boyle îl ajută pe începător să-și dea seama că chimia nu a început cu sulfamidele; în plus, el află astfel

că una din sarcinile tradiționale ale omului de știință este să inventeze concepte de acest gen. Ca o parte a arsenalului pedagogic care îl formează pe omul de știință, referirea este extrem de eficace. Totuși, ea ilustrează încă odată structura greșelilor istorice care îi induc în eroare pe studenți și profani deopotrivă în privința naturii întreprinderii științifice.

Potrivit lui Boyle, care avea perfectă dreptate, „definiția" pe care a dat-o elementului nu era mai mult decît o parafrază a unui concept chimic tradițional; Boyle a formulat-o numai pentru a argumenta că nu există ceva asemenea unui element chimic; istoric, versiunea din manuale a contribuției lui Boyle este cu totul eronată [3]. Eroarea este, firește, banală, deși nu mai mult decît oricare altă denaturare a faptelor. Nu este, însă, banală, impresia despre știință promovată atunci cînd o asemenea eroare este mai întîi admisă și apoi implantată în structura tehnică a manualului. Ca și „timpul", „energia", „forța" sau „particula", conceptul de element este genul de ingredient al manualelor care, adeseori, nu este cîtuși de puțin inventat sau descoperit. În particular, filiația definiției lui Boyle poate fi urmărită apoi cel puțin pînă la Aristotel și mai recent, prin Lavoisier, pînă la manualele moderne. Dar aceasta nu înseamnă că știința a posedat din antichitate conceptul modern de element. Definițiile verbale, ca cea a lui Boyle, au un conținut științific redus cînd sînt considerate în sine. Ele nu sînt specificări logice depline ale semnificației (dacă există așa ceva) ci, mai degrabă, auxiliare pedagogice. Conceptele științifice la care ele se referă dobîndesc semnificația deplină numai cînd sînt corelate, într-un manual sau altă prezentare sistematică, altor concepte științifice, unor proceduri operatorii și unor aplicații ale paradigmei respective. Reiese deci că unele concepte ca acela de element pot fi cu greu inventate în afara unui context. Apoi, dat fiind contextul, ele se cer rareori inventate întrucît sînt deja la îndemînă. Atît Boyle cît și Lavoisier au modificat, în privințe importante, semnificația chimică a „elementului". Dar ei nu au inventat conceptul și nici măcar nu au schimbat formula verbală care-i servea ca definiție. La fel cum nici Einstein,

[3] T. S. Kuhn, „Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century", *Isis*, XLIII (1952), 26–29.

cum am văzut, nu a trebuit să inventeze sau măcar să redefinească explicit „spaţiul" şi „timpul" pentru a le da o nouă semnificaţie în contextul operei sale.

Care a fost atunci funcţia istorică a lui Boyle în acea parte a operei sale care include faimoasa „definiţie"? El a fost conducătorul unei revoluţii ştiinţifice care, schimbînd relaţia „elementului" faţă de operaţiile chimice şi teoria chimică, a transformat noţiunea într-un instrument cu totul diferit de ceea ce fusese înainte, transformînd, în acest proces, chimia şi lumea chimistului deopotrivă [4]. Au fost necesare alte revoluţii, inclusiv cea care se concentrează în jurul lui Lavoisier, pentru a da conceptului forma şi funcţia sa modernă. Dar Boyle ilustrează, în mod tipic, atît procesul implicat în fiecare din aceste stadii cît şi ceea ce se întîmplă în acest proces cînd cunoaşterea existentă este încorporată într-un manual. Mai mult decît oricare alt aspect individual al ştiinţei, această formă pedagogică a determinat imaginea noastră despre natura ştiinţei şi despre rolul descoperirii şi invenţiei în dezvoltarea ei.

[4] **Marie Boas**, în cartea ei *Robert Boyle and The Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958), se ocupă în multe locuri de contribuţiile pozitive ale lui Boyle la evoluţia conceptului de element chimic.

# XII. DEZNODĂMÎNTUL REVOLUȚIILOR

Manualele pe care tocmai le-am discutat sînt produse numai în urma unei revoluții științifice. Ele constituie bazele unei noi tradiții de știință normală. Examinînd problema structurii lor, am scăpat evident din vedere o verigă. Care este procesul prin care un nou candidat la statutul de paradigmă își înlocuiește predecesorul? Orice nouă interpretare a naturii, fie o descoperire sau o teorie, apare mai întîi în mintea unuia sau cîtorva indivizi. Ei sînt cei care învață primii să vadă știința și lumea într-o lumină diferită, iar capacitatea lor de a efectua această tranziție este facilitată de două împrejurări pe care nu le întîlnim la majoritatea celorlalți membri ai profesiunii. Invariabil, atenția lor a fost intens concentrată asupra problemelor care au provocat criza; în plus, de obicei, aceștia sînt oameni atît de tineri sau novici în domeniul zguduit de criză încît practica științifică i-a legat mai puțin adînc decît pe majoritatea contemporanilor lor de concepția despre lume și regulile determinate de vechea paradigmă. Cum sînt ei în stare și ce trebuie să facă pentru a converti întreaga comunitate sau subgrupul profesional respectiv la modul lor de a concepe știința și lumea? Ce determină grupul să abandoneze o tradiție de cercetare normală în favoarea alteia?

Pentru a înțelege importanța acestor întrebări, să ne amintim că ele sînt singurele reconstrucții pe care istoricul le poate oferi investigației filozofului asupra testării,

verificării sau infirmării teoriilor ştiinţifice stabilite. În măsura în care este angajat în ştiinţa normală, cercetătorul rezolvă *puzzles* şi nu testează paradigme. Deşi în cursul căutării soluţiei unui *puzzle* particular, el poate să încerce cîteva abordări alternative, respingîndu-le pe cele care nu duc la rezultatul dorit, cercetătorul nu testează *paradigma* în astfel de situaţii. Dimpotrivă, el seamănă cu jucătorul de şah care, în faţa unei probleme şi a tablei de joc, încearcă diferite mişcări alternative în căutarea unei soluţii. Aceste eforturi ale jucătorului de şah sau ale omului de ştiinţă îi pun la încercare pe ei şi nicidecum regulile jocului. Ele sînt posibile numai atîta vreme cît paradigma însăşi este admisă. De aceea, testarea paradigmei are loc numai după eşecuri repetate în a rezolva o problemă de seamă care a generat criza. Şi chiar atunci, ea are loc numai după ce sentimentul crizei a generat un alt candidat la statutul de paradigmă. În ştiinţă, situaţia de testare nu constă niciodată, spre deosebire de rezolvarea *puzzles*-urilor, numai în compararea unei singure paradigme cu natura. Dimpotrivă, testarea survine în contextul competiţiei dintre două paradigme rivale pentru cucerirea comunităţii ştiinţifice.

Atent examinată, această formulare dezvăluie paralele neaşteptate şi probabil semnificative cu două dintre cele mai populare teorii filozofice contemporane despre verificare. Puţini filozofi ai ştiinţei mai caută încă criterii absolute de verificare a teoriilor ştiinţifice. Conştienţi de faptul că nici o teorie nu poate fi vreodată supusă tuturor testelor relevante, ei nu se întreabă dacă o teorie a fost verificată ci mai degrabă se întreabă care este probabilitatea ei în lumina dovezilor disponibile. Pentru a răspunde la această întrebare, o importantă şcoală a trebuit să recurgă la compararea capacităţii diferitelor teorii de a explica evidenţa disponibilă. Această insistenţă asupra comparării teoriilor caracterizează de asemenea situaţia istorică în care este acceptată o nouă teorie. Ea indică, foarte probabil, una din direcţiile în care ar trebui să se îndrepte discuţiile viitoare asupra verificării.

În formele lor cele mai obişnuite, teoriile probabiliste ale verificării recurg însă toate la unul sau altul din limbajele observaţionale pure sau neutre discutate în secţiunea X. O teorie probabilistă cere să comparăm teoria ştiinţifică dată cu toate celelalte pe care le-am putea considera că se

potrivesc aceleiași colecții de date observate. O alta reclamă construirea mentală a tuturor testelor care i se pot pretinde teoriei științifice date să le treacă [1]. Aparent unele din aceste construcții sînt necesare pentru calcularea probabilităților specifice, absolute sau relative, dar este greu de închipuit cum ar putea fi realizată o astfel de construcție. După cum am arătat, dacă nu poate exista nici un sistem de limbaje sau concepte științific sau empiric neutru, atunci construcția propusă pentru teste și teorii alternative trebuie efectuată dinăuntrul unei tradiții bazate pe o paradigmă. Astfel restrînsă, construcția nu ar mai avea acces la toate experiențele posibile sau la toate teoriile posibile. În consecință, teoriile probabiliste maschează contextul verificării în aceeași măsură în care îl clarifică. Deși acest context, după cum insistă ele, depinde de compararea teoriilor și a unei cantități considerabile de dovezi empirice, teoriile și observațiile în cauză sînt întotdeauna strîns legate de cele deja existente. Verificarea seamănă cu selecția naturală : ea alege cea mai viabilă dintre alternativele reale într-o situație istorică particulară. Dacă această alegere este cea mai bună care putea fi făcută în cazul în care ar fi existat și alte alternative sau în care datele ar fi fost de altă natură — iată o întrebare lipsită de sens. Căci nu există mijloace de a căuta răspunsuri la ea.

O abordare cu totul diferită a acestui ansamblu de probleme a fost elaborată de Karl R. Popper, abordare care neagă existența oricăror procedeuri de verificare [2]. În schimb, el subliniază importanța falsificării, adică a testului care, avînd un rezultat negativ, implică respingerea unei teorii stabilite. Evident, rolul astfel atribuit falsificării este foarte asemănător celui pe care acest eseu îl atribuie experiențelor anomalice, adică experiențelor care, provocînd o criză, pregătesc terenul pentru o nouă teorie. Totuși, experiențele anomalice nu pot fi identificate cu cele falsificatoare. De fapt, mă îndoiesc chiar că acestea din urmă există. Așa cum am subliniat în nenumărate

---

[1] Pentru un scurt rezumat al principalelor căi spre teoriile probabiliste ale verificării, a se vedea **Ernest Nagel**, *Principles of the Theory of Probability*, vol. I, No. 6, din *International Encyclopedia of Unified Science*, pp. 60—75.

[2] **K. R. Popper**, *The Logic of Scientific Discovery* (New York, 1959), mai ales capitolele I—IV.

rînduri, nici o teorie nu rezolvă vreodată toate problemele cu care este confruntată la un moment dat; după cum nici soluţiile deja obţinute nu sînt decît rareori perfecte. Dimpotrivă, tocmai incompletitudinea şi imperfecţiunea corespondenţei existente între date şi teorie sînt cele care, în orice moment, definesc multe din acele *puzzles* care caracterizează ştiinţa normală. Dacă oricare şi fiecare eşec în a obţine o asemenea corespondenţă ar fi un motiv pentru respingerea teoriilor, atunci toate teoriile ar trebui să fie permanent respinse. Pe de altă parte, dacă numai eşecul grav în obţinerea corespondenţei justifică respingerea teoriei, atunci popperienii vor avea nevoie de un criteriu de „improbabilitate" sau de „grad de falsificare". Elaborînd un asemenea criteriu, ei se vor lovi aproape sigur de aceeaşi reţea de dificultăţi care i-a copleşit pe partizanii variatelor teorii probabiliste ale verificării.

Multe din dificultăţile anterioare pot fi evitate prin recunoaşterea faptului că ambele aceste concepţii dominante şi opuse despre logica subiacentă a investigaţiei ştiinţifice au încercat să comprime la un loc două procese în mare măsură separate. Experienţa anomalică, la Popper, este importantă pentru ştiinţă deoarece recurge la competitori ai unei paradigme existente. Dar falsificarea, deşi are loc neîndoielnic, nu survine odată cu apariţia unei anomalii sau instanţe falsificatoare, sau numai datorită lor. Dimpotrivă, ea constituie un proces ulterior şi separat care ar putea la fel de bine să fie numit verificare, întrucît marchează victoria unei noi paradigme asupra celei vechi. Apoi, compararea probabilistă a teoriilor joacă un rol central tocmai în acest proces unitar de verificare-falsificare. O asemenea formulare în două etape are, cred, avantajul unei plauzibilităţi mari şi poate, de asemenea, să ne ajute să explicăm rolul acordului (sau dezacordului) între fapt şi teorie în procesul de verificare. Pentru istoric, cel puţin, ideea că verificarea stabileşte acordul faptelor cu teoria nu prea are sens. Toate teoriile istorice semnificative au fost în acord cu faptele, dar numai într-o măsură mai mare sau mai mică. Nu există un răspuns mai precis la întrebarea dacă, sau cît de bine, se potriveşte o teorie individuală faptelor. Dar multe întrebări asemănătoare acesteia pot fi puse cînd teoriile sînt luate în bloc sau chiar două cîte două. Are foarte mult sens să ne întrebăm care din două teorii reale şi rivale se potriveşte *mai bine* faptelor.

Deşi nici teoria lui Priestley nici cea a lui Lavoisier, de pildă, nu se acordau precis cu observaţiile existente, puţini contemporani au ezitat mai mult de un deceniu în a conchide că teoria lui Lavoisier oferea o mai bună corespondenţă cu observaţiile decît cealaltă.

Dar această formulare face ca sarcina de a alege între paradigme să pară mai uşoară şi mai familiară decît este în realitate. Dacă nu ar exista decît un grup de probleme ştiinţifice, doar o lume în care să operezi cu ele şi numai un grup de criterii pentru rezolvarea lor, atunci competiţia paradigmelor ar putea fi decisă mai mult sau mai puţin rutinier, printr-o metodă ca înregistrarea numărului de probleme soluţionate de fiecare în parte. În realitate, însă, aceste condiţii nu sînt niciodată pe deplin satisfăcute. Partizanii paradigmelor rivale vorbesc întotdeauna despre lucruri diferite — cel puţin într-o oarecare măsură. Nici una din părţi nu va admite toate presupoziţiile nonempirice de care cealaltă are nevoie pentru a-şi susţine punctul de vedere. Asemenea lui Proust şi Berthollet, argumentînd despre compoziţia compuşilor chimici, ele nu pot să nu vorbească limbi diferite. Deşi fiecare poate spera să o convertească pe cealaltă la modul său de a concepe ştiinţa şi problemele ei, nici una nu poate spera să-şi dovedească dreptatea. Competiţia dintre paradigme nu este genul de luptă care poate fi cîştigată prin argumente.

Am văzut pînă acum cîteva din cauzele pentru care adepţii paradigmelor rivale trebuie să eşueze în efortul de a stabili un contact deplin cu fiecare din celelalte puncte de vedere. Aceste cauze au fost descrise ca incomensurabilitate a tradiţiilor de ştiinţă normală pre- şi postrevoluţionară. Să le recapitulăm pe scurt. În primul rînd, adepţii paradigmelor rivale vor fi adeseori în dezacord în ce priveşte lista de probleme pe care trebuie să le rezolve orice candidat la statutul de paradigmă. Criteriile sau definiţiile lor privitoare la ştiinţă nu sînt aceleaşi. Trebuie ca o teorie a mişcării să explice cauza forţelor de atracţie dintre particulele de materie sau poate doar să consemneze existenţa unor atare forţe? Dinamica lui Newton a fost în mare măsură respinsă deoarece, spre deosebire de teoriile lui Aristotel şi Descartes, implica al doilea răspuns. Cînd teoria lui Newton a fost acceptată, o întrebare era în acest fel alungată din ştiinţă; o întrebare despre care, însă,

teoria relativității poate afirma cu mîndrie că a rezolvat-o. La fel, în modul în care era răspîndită în secolul al nouăsprezecelea, teoria chimică a lui Lavoisier i-a inhibat pe chimiști să se întrebe de ce metalele erau atît de asemănătoare — o întrebare pe care chimia flogistică o pusese și la care răspunsese. Trecerea la paradigma lui Lavoisier, asemenea trecerii la cea a lui Newton, însemna pierderea nu numai a unei întrebări admisibile, dar și a unei soluții obținute. Dar această pierdere nu a fost definitivă. În secolul al douăzecilea, întrebările despre calitățile substanțelor chimice și-au făcut din nou apariția în știință, împreună cu unele răspunsuri la ele.

Este vorba, însă, aici, mai mult decît de incomensurabilitatea criteriilor. Deoarece noile paradigme se nasc din cele vechi, ele incorporează de obicei o bună parte din vocabularul și aparatul atît conceptual cît și instrumental, pe care le-a folosit înainte paradigma tradițională. Dar ele folosesc rareori aceste elemente împrumutate potrivit modului tradițional. În noua paradigmă, termeni, concepte și experimente vechi intră în noi relații unele cu altele. Rezultatul inevitabil este — ceea ce trebuia să numim, deși termenul nu este cu totul potrivit — o neînțelegere între două școli rivale. Profanii care rîdeau de teoria einsteiniană a relativității generalizate pe motiv că spațiul nu ar putea fi „curbat" — nefiind genul de lucru care se pretează la așa ceva — nu erau pur și simplu nedrepți sau în eroare. Tot așa cum nu erau nici matematicienii, fizicienii și filozofii care au încercat să elaboreze o versiune euclidiană a teoriei lui Einstein [3]. Ceea ce se înțelegea înainte prin spațiu era ceva necesarmente uniform, omogen, izotrop și neafectat de prezența materiei. Dacă nu ar fi fost astfel, fizica newtoniană nu ar fi funcționat. Spre a realiza trecerea la universul lui Einstein, întreaga țesătură conceptuală ale cărei fire sînt spațiul, timpul, materia, forța ș. a. m. d. a trebuit să fie refăcută și așternută din nou peste întreaga natură. Numai oamenii care au trecut sau nu au reușit să treacă, împreună, prin

[3] În privința reacțiilor profane la conceptul de spațiu curbat, a se vedea **Philipp Frank**, *Einstein, His Life and Times*, traducere și editare de către G. Rosen și S. Kusaka (New York, 1947), pp. 142—146. Pentru cele cîteva încercări de a păstra cuceririle relativității generalizate într-un spațiu euclidian, vezi **C. Nordmann**, *Einstein and the Universe*, trad. J. Mc Cabe (New York, 1922), cap. IX.

această transformare vor fi în stare să identifice cu exactitate lucrurile asupra cărora au fost sau nu de acord. Comunicarea peste linia revoluționară de demarcație este inevitabil parțială. Să ne gîndim, de exemplu, la oamenii care l-au socotit pe Copernic nebun pentru că afirmase că Pămîntul se învîrtește. Ei nu greșeau doar sau nu greșeau întru totul. Parte din ceea ce ei înțelegeau prin „Pămînt" însemna poziție fixă. Pămîntul lor, cel puțin, nu putea fi mișcat. În mod corespunzător, inovația lui Copernic nu a constat pur și simplu în a mișca Pămîntul. Mai degrabă, ea a constituit un nou mod de a privi problemele fizicii și astronomiei, un mod care a modificat necesarmente înțelesul atît al „Pămîntului" cît și al „mișcării"[4]. Fără aceste modificări conceptul de Pămînt în mișcare era nebunesc. Pe de altă parte, odată ce modificările au fost efectuate și înțelese, atît Descartes cît și Huyghens și-au putut da seama că mișcarea Pămîntului era o problemă fără nici un conținut pentru știință [5].

Aceste exemple indică un al treilea și fundamental aspect al imposibilității de a compara între ele paradigmele rivale. Într-un sens pe care nu sînt în stare să îl clarific mai mult, adepții paradigmelor rivale își practică meseria în lumi diferite. Una conține corpuri aflate sub acțiunea unei forțe și care cad încet, alta pendule care își repetă continuu mișcările. Într-una soluțiile sînt compuși, iar în alta amestecuri. Una este scufundată într-o matrice spațială plană, alta într-una curbă. Practicînd în lumi diferite, cele două grupuri de oameni de știință văd lucruri diferite cînd privesc din același punct în aceeași direcție. Din nou, aceasta nu înseamnă că ele pot vedea orice le place. Ambele grupuri examinează lumea, iar ceea ce examinează nu s-a schimbat. Dar în unele regiuni, ele văd lucruri diferite și le văd în interacțiuni diferite. Iată de ce o lege care nu poate fi nici măcar demonstrată unui grup de oameni de știință poate uneori părea intuitiv evidentă celuilalt. De asemenea, acesta este motivul pentru care, înainte de a putea spera să comunice pe deplin, un grup sau celălalt trebuie să trăiască convertirea pe care am numit-o

[4] **T. S. Kuhn**, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), Cap. III, IV și VII. O temă majoră a întregii cărți este tocmai măsura în care heliocentrismul a fost mai mult decît o chestiune strict astronomică.

[5] **Max Jammer**, *Concepts of Space* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 118—124.

schimbare de paradigmă. Tocmai pentru că este o tranziție între incomensurabile, trecerea de la o paradigmă la o alta rivală nu poate fi făcută pas cu pas, constrînsă de logică și de o experiență neutră. Ca și transformarea *gestalt*-ului, ea trebuie să survină dintr-odată (deși nu neapărat instantaneu) sau de loc.

Cum ajung, atunci, oamenii de știință să realizeze această transpunere? În parte, răspunsul este că foarte adesea ei nu ajung s-o realizeze. Aproape la un secol după moartea lui Copernic, copernicanismul făcuse încă puțini prozeliți. Opera lui Newton nu a fost în general acceptată, mai ales pe continent, vreme de mai mult de o jumătate de secol de la apariția *Principiilor* [6]. Priestley nu a acceptat niciodată teoria oxigenului, nici lordul Kelvin pe cea electromagnetică ș. a. m. d. Dificultățile convertirii au fost adesea observate de înșiși oamenii de știință. Într-un pasaj deosebit de pătrunzător de la sfîrșitul *Originii speciilor*, Darwin scria: „Deși sînt întrutotul convins de adevărul concepțiilor expuse în acest volum... nu mă aștept de loc să-i conving pe naturaliștii cu experiență, ale căror minți sînt pline de o mulțime de fapte, toate concepute de-a lungul anilor dintr-un punct de vedere total opus celui pe care îl susțin... Dar privesc cu încredere în viitor, spre naturaliștii tineri care se ridică și care vor fi în stare să examineze imparțial ambele laturi ale problemei" [7]. Iar Max Planck, trecîndu-și în revistă propria carieră în a sa *Autobiografie științifică*, remarca cu amărăciune că „un nou adevăr științific nu triumfă convingîndu-și adversarii și luminîndu-i, ci mai degrabă pentru că adversarii săi pînă la urmă mor și se ridică o nouă generație căreia acel adevăr îi apare firesc" [8].

Aceste fapte și altele asemănătoare sînt prea bine cunoscute pentru a mai avea nevoie de alte argumente. Dar ele reclamă o reevaluare. În trecut, ele au fost adesea înțelese în sensul că oamenii de știință, fiind doar oameni, nu puteau întotdeauna să-și recunoască erorile, chiar cînd erau puși în fața unor demonstrații riguroase. Aș

[6] **I. B. Cohen**, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 93—94.

[7] **Charles Darwin**, *On the Origin of Species...* (ediție autorizată după a șasea ediție engleză; New York, 1889), II, 295—296.

[8] **Max Planck**, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trad. F. Gaynor (New York, 1949), pp. 33—34.

fi de părere, mai degrabă, că în aceste chestiuni nu este vorba nici de demonstrație nici de eroare. Transferul de fidelitate de la o paradigmă la alta este o experiență de convertire care nu poate fi forțată. Rezistența de o viață, mai ales din partea celor ale căror cariere productive i-au legat de o tradiție mai veche de știință normală, nu este o violare a standardelor științei, ci un indicator al însăși naturii cercetării științifice. Izvorul rezistenței este încrederea că vechea paradigmă va rezolva pînă la urmă toate problemele, că natura poate fi înghesuită în tiparul oferit de paradigmă. Inevitabil, în perioade de revoluție, această încredere pare îndărătnicie — cum dealtfel este uneori. Dar este și ceva mai mult. Această încredere este cea care face posibilă știința normală sau rezolvatoare-de-*puzzles*. Și numai prin știința normală, comunitatea profesională o oamenilor de știință reușește, mai întîi, să exploateze potențialitățile domeniului și preciziei vechii paradigme, iar apoi să identifice dificultatea a cărei studiere va putea da naștere unei noi paradigme.

Totuși, a spune că rezistența este inevitabilă și legitimă, că schimbarea paradigmei nu poate fi justificată prin demonstrație, nu este totuna cu a spune că nici un argument nu este relevant sau că oamenii de știință nu pot fi convinși să-și schimbe părerile. Deși este nevoie uneori de o generație pentru a-și schimba părerile, comunitățile științifice au fost în repetate rînduri convertite la noi paradigme. Dealtfel, aceste convertiri au avut loc nu în ciuda faptului că savanții sînt oameni, ci datorită lui. Deși unii oameni de știință, îndeosebi cei mai bătrîni și cu mai multă experiență, pot rezista nelimitat, cei mai mulți dintre ei pot fi influențați într-un fel sau altul. Convertirile vor avea loc încetul cu încetul pînă cînd, după moartea ultimilor mohicani, întreaga comunitate va practica din nou sub auspiciile unei singure paradigme, dar diferită de cea precedentă. Trebuie deci să ne întrebăm cum survine convertirea și cum i se rezistă.

Ce fel de răspuns așteptăm la această întrebare? Tocmai pentru că se referă la tehnici de convingere sau la argumente și contraargumente într-o situație în care nu poate exista vreo demonstrație, întrebarea noastră este nouă și presupune, deci, un studiu care nu a fost întreprins înainte. Va trebui să ne mulțumim cu o examinare foarte parțială și impresionistă. Dealtfel, cele

spuse concordă cu rezultatul acestei examinări în a sugera că, pusă în legătură cu convingerea mai degrabă decît cu demonstraţia, întrebarea asupra naturii argumentului ştiinţific nu are un răspuns unic sau uniform. Oamenii de ştiinţă, luaţi ca indivizi, îmbrăţişează o nouă paradigmă din tot felul de motive. Unele din ele — de pildă, cultul soarelui care l-a ajutat pe Kepler să devină un copernican — se află cu totul în afara sferei aparente a ştiinţei [9]. Altele depind de idiosincrazii autobiografice şi personale. Chiar naţionalitatea sau reputaţia prealabilă a inovatorului şi a profesorilor săi pot uneori juca un rol semnificativ [10]. Pînă la urmă, deci, trebuie să învăţăm să punem această întrebare într-un mod diferit. Nu ne vor preocupa, prin urmare, argumentele care îl convertesc de fapt pe un individ sau altul ci mai degrabă genul de comunitate care, mai devreme sau mai tîrziu, dar întotdeauna, se realcătuieşte într-un singur grup. Voi amîna însă problema pentru ultima secţiune, examinînd deocamdată unele din tipurile de argumente care se dovedesc deosebit de eficiente în conflictele asupra schimbării paradigmei.

Probabil, unica afirmaţie foarte generală avansată de adepţii unei noi paradigne este că ei pot rezolva problemele care au dus-o pe cea veche la criză. Cînd poate fi justificată, această afirmaţie este adesea cea mai eficientă posibil. Se ştie că paradigma este în dificultate în zona la care se referă afirmaţia. Dificultatea a fost în repetate rînduri examinată, dar încercările de a o îndepărta au eşuat mereu. „Experimente cruciale" — capabile să discrimineze cu deosebită exactitate între două paradigme — au fost recunoscute şi atestate înainte chiar ca noua paradigmă să fi fost imaginată. Astfel, Copernic a pretins că rezolvase îndărătnica problemă a duratei anului calendaristic, Newton că împăcase mecanica terestră

[9] În ce priveşte rolul cultului soarelui în gîndirea lui Kepler, vezi E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (ed. revăzută; New York, 1932), pp. 44—49.

[10] În ce priveşte rolul reputaţiei, să considerăm următoarele: Într-un moment cînd reputaţia sa era bine stabilită, lordul Rayleigh a trimis Asociaţiei Britanice un articol asupra unor paradoxuri ale electrodinamicii. Din greşeală, numele său a fost omis la trimiterea articolului, iar articolul însuşi a fost iniţial respins fiind considerat opera vreunui „iubitor de paradoxuri". Curînd după aceea, cu numele autorului la locul cuvenit, articolul a fost acceptat cu o abundenţă de scuze (J. R. Strutt, 4th Baron Rayleigh, *John William Strutt, Third Baron Rayleigh* [New York, 1924], p. 228).

cu cea celestă, Lavoisier că rezolvase problemele identităţii gazelor şi relaţiilor de greutate, iar Einstein că făcuse electrodinamica compatibilă cu o nouă ştiinţă a mişcării.

Pretenţiile de acest fel au deosebite şanse să reuşească dacă noua paradigmă dovedeşte o precizie cantitativă izbitor mai bună decît competitoarea ei mai veche. Superioritatea cantitativă a *„tabelelor rudolfice"** ale lui Kepler faţă de toate cele calculate pe baza teoriei lui Ptolemeu a constituit un factor major în convertirea astronomilor la copernicanism. Succesul lui Newton în predicţiile observaţiilor astronomice cantitative a fost probabil cea mai importantă cauză a triumfului teoriei sale asupra rivalelor ei mai rezonabile, dar predominant calitative. Iar în acest secol, uimitorul succes cantitativ al legii radiaţiei lui Planck, ca şi cel al atomului lui Bohr i-au convins repede pe mulţi fizicieni să le adopte, deşi, pentru ansamblul fizicii, ambele aceste contribuţii creau mai multe probleme decît rezolvau [11].

Pretenţia de a fi rezolvat problemele generatoare de criză este totuşi rareori suficientă prin sine. De asemenea, ea nu poate fi întotdeauna justificată. De fapt, teoria lui Copernic nu era mai precisă decît cea a lui Ptolemeu şi nu producea direct vreo îmbunătăţire a calendarului. De asemenea, la cîţiva ani după ce a fost propusă, teoria ondulatorie a luminii nu avusese atît succes ca rivala ei corpusculară în rezolvarea efectelor de polarizare care fuseseră cauza principală a crizei din optică. Uneori, practica mai liberă care caracterizează cercetarea extraordinară va produce un candidat la paradigmă care, iniţial, nu este de nici un folos în problemele care au provocat criza. Cînd se întîmplă aşa ceva, dovezile trebuie aduse din alte zone ale domeniului, aşa cum dealtfel se şi întîmplă adeseori. În acele alte zone pot fi elaborate argumente deosebit de convingătoare în cazul în care noua paradigmă permite predicţia unor fenomene care erau cu totul neaşteptate atît timp cît prevala vechea paradigmă.

---

* Termenul clasic : *Tabulae rudolphinae* (N. ed.).

[11] Pentru problemele create de teoria cuantică, vezi **F. Reiche**, *The Quantum Theory* (London, 1922), cap. II, VI—IX. Pentru alte exemple din acest paragraf, vezi referinţele anterioare din această secţiune.

Teoria lui Copernic, de exemplu, sugera că planetele ar trebui să semene cu Pămîntul, că Venus ar trebui să aibă faze şi că universul ar trebui să fie mult mai mare decît se crezuse pînă atunci. Drept urmare, cînd la şaizeci de ani după moartea sa, telescopul a dezvăluit dintr-odată munţi pe Lună, fazele planetei Venus şi un număr imens de stele pînă atunci nebănuite, aceste observaţii, au adus noii teorii numeroşi prozeliţi, mai ales dintre neastronomi [12]. În cazul teoriei ondulatorii a luminii, o cauză principală a convertirilor profesionale s-a dovedit a fi şi mai dramatică. Rezistenţa franceză s-a năruit brusc şi relativ complet cînd Fresnel a putut demonstra existenţa unei pete albe în centrul umbrei unui disc circular. Era un efect pe care nimeni, nici măcar el nu-l anticipase, dar despre care Poisson, iniţial unul din adversarii săi, arătase că este o consecinţă necesară, deşi absurdă, a teoriei lui Fresnel [13]. Datorită valorii lor de şoc şi întrucît era atît de evident că ele nu erau de la bun început „clădite în" noua teorie, asemenea argumente s-au dovedit deosebit de convingătoare. Iar uneori această forţă suplimentară poate fi exploatată, chiar cînd fenomenul în cauză fusese observat cu mult înainte de a fi propusă teoria care îl explica. Einstein, de exemplu, nu părea să fi anticipat că relativitatea generalizată va explica cu precizie binecunoscuta anomalie observată în mişcarea periheliului lui Mercur, drept care a trăit o mare victorie cînd s-a adeverit că lucrurile stau astfel [14].

Toate argumentele în favoarea unei noi paradigme, discutate pînă acum, s-au bazat pe capacitatea comparabilă a competitorilor de a rezolva probleme. Pentru oamenii de ştiinţă, aceste argumente sînt de obicei cele mai semnificative şi cele mai convingătoare. Exemplele precedente ar trebui să nu lase nicio îndoială asupra cauzei imensului lor succes. Dar, din motive de care ne vom ocupa de îndată, ele nu sînt, nici separat nici împreună, constrîngă-

---

[12] **Kuhn**, *op. cit.*, pp. 219—225.

[13] **E. T. Whittaker**, *A History of the Theories of Aether and Electricity* I (2d ed., London, 1951), 108.

[14] *Ibidem*, II (1953), 151—180, în legătură cu elaborarea teoriei relativităţii generalizate. Relativ la reacţia lui Einstein faţă de acordul precis al teoriei cu mişcarea observată a periheliului lui Mercur, a se vedea scrisoarea citată în **P. A. Schlipp** (ed.), *Albert Einstein, Philosopher-Scientist* (Evanston Ill,. 1949), p. 101.

toare. Din fericire, există şi alte temeiuri pentru care oamenii de ştiinţă renunţă la o paradigmă veche în favoarea uneia noi. Sînt argumentele, rareori explicitate întru totul, care apelează la simţul individului pentru adecvat sau estetic; astfel, despre noua teorie se spune că este „mai ordonată", „mai potrivită" sau „mai simplă" decît cea veche. Probabil, aceste argumente sînt mai puţin eficiente în alte ştiinţe decît în matematici. Primele versiuni ale majorităţii noilor paradigme sînt rudimentare. Pînă ce atracţia lor estetică poate fi pe deplin evidenţiată, majoritatea comunităţii a fost convinsă prin alte mijloace. Cu toate acestea, importanţa consideraţiilor estetice poate fi uneori decisivă. Deşi ele atrag adesea numai cîţiva oameni de ştiinţă de partea unei noi teorii, de aceşti cîţiva poate depinde triumful ei final. Dacă ei nu l-ar adopta în grabă din motive în mare măsură individuale, noul candidat la paradigmă ar putea să nu fie niciodată suficient de dezvoltat pentru a atrage întreaga comunitate ştiinţifică.

Pentru a înţelege cauzele importanţei acestor consideraţii mai subiective şi estetice, să ne reamintim despre ce este vorba într-o controversă dintre paradigme. Cînd un nou candidat la paradigmă este pentru prima oară propus, el rezolvase doar rareori mai mult decît cîteva din problemele ce-i stăteau în faţă, iar cele mai multe din aceste soluţii erau încă departe de a fi perfecte. Pînă la Kepler, teoria lui Copernic nu prea îmbunătăţise predicţiile poziţiilor planetelor făcute de Ptolemeu. Cînd Lavoisier a văzut în oxigen „însuşi aerul în întregime", noua sa teorie nu putea de loc face faţă problemelor puse de proliferarea noilor gaze — fapt pe care Priestley l-a speculat cu mult succes în contraatacul său. Cazuri ca pata de lumină a lui Fresnel sînt extrem de rare. De obicei, abia mult mai tîrziu, după ce noua paradigmă a fost elaborată, acceptată şi exploatată, sînt avansate argumente aparent hotărîtoare, precum pendulul lui Foucault pentru a demonstra rotaţia Pămîntului sau experimentul lui Fizeau pentru a dovedi că lumina se mişcă mai repede în aer decît în apă. Producerea lor revine ştiinţei normale, iar rolul lor nu apare în controversa paradigmelor, ci în manualele postrevoluţionare.

Înainte ca aceste manuale să fie scrise, cînd disputa continuă, situaţia este mult diferită. De obicei, adversarii

unei noi paradigme pot afirma în mod legitim că, chiar în aria de criză, aceasta este cu puțin superioară rivalei ei tradiționale. Firește, ea rezolvă mai bine unele probleme și dezvăluie unele regularități noi. Dar paradigma mai veche poate fi astfel articulată încît să facă față dificultăților așa cum făcuse față și altor dificultăți mai înainte. Atît sistemul astronomic geocentric al lui Tycho Brahe cît și versiunile ulterioare ale teoriei flogisticului erau reacții la provocările unui nou candidat la paradigmă și ambele aceste reacții au avut succes [15]. În afară de aceasta, apărătorii teoriei și procedurii tradiționale pot aproape întotdeauna indica probleme pe care noul lor rival nu le-a rezolvat dar care, pentru ei, nu sînt nicidecum probleme. Pînă la descoperirea compoziției apei, arderea hidrogenului era un argument puternic pentru teoria flogisticului și împotriva celei a lui Lavoisier. Chiar după ce teoria oxigenului a triumfat, ea tot nu putea încă să explice prepararea unui gaz inflamabil din carbon — fenomen pe care flogisticienii îl aduseseră ca argument puternic în favoarea concepției lor [16]. Chiar în zona crizei, echilibrul argumentelor și contraargumentelor poate fi uneori foarte strîns. Iar în afara acelei zone, balanța înclină adeseori decisiv în favoarea tradiției. Copernic a distrus o respectabilă explicație a mișcării Pămîntului fără să pună o alta în loc; Newton a făcut același lucru cu o explicație mai veche a gravitației; la fel Lavoisier cu proprietățile comune ale metalelor ș.a.m.d. Pe scurt, dacă un nou candidat la paradigmă va fi judecat de la bun început de oameni practici, care îi evaluează numai capacitatea relativă de a rezolva probleme, știința ar cunoaște foarte puține revoluții majore. Dacă adăugăm la aceasta și contraargumentele generate de ce am numit mai înainte incomensurabilitatea paradig-

---

[15] Pentru sistemul lui Brahe, care era geometric întru totul echivalent cu cel al lui Copernic, vezi **J. L. Dreyer**, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (2d ed.; New York, 1953), pp. 359—371. Pentru ultimele versiuni ale teoriei flogisticului și succesul lor, vezi **J. R. Partington** și **D. McKie**, „Historical Studies of the Phlogiston Theory", *Annals of Science*, IV (1939), 113—149.

[16] Pentru problema pusă de hidrogen, vezi **J. R. Partington**, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; London, 1951), p. 134. Pentru oxidul de carbon, vezi **H. Koopp**, *Geschichte der Chemie*, III (Braunschweig, 1845), 294—296.

melor, atunci ştiinţele ar putea să nu cunoască nici un fel de revoluţie.

Dar controversele dintre paradigme nu vizează realmente capacitatea lor relativă de a rezolva probleme, deşi din raţiuni întemeiate ele sînt de obicei exprimate în aceşti termeni. Mai degrabă, chestiunea este care paradigmă va ghida în viitor cercetarea asupra unor probleme în raport cu care nici un competitor nu poate încă pretinde că le rezolvă în întregime. Este necesară o decizie între moduri alternative de a face ştiinţă şi, în aceste condiţii, decizia trebuie să se bazeze mai puţin pe realizări trecute cît pe promisiuni viitoare. Cel care îmbrăţişează o nouă paradigmă, aflată într-un stadiu timpuriu de elaborare, o face adeseori în ciuda evidenţei oferite de problemele rezolvate. Cu alte cuvinte, el trebuie să aibă încredere că noua paradigmă va reuşi în faţa numeroaselor probleme cu care este confruntată, ştiind numai că vechea paradigmă a eşuat în faţa cîtorva. O asemenea decizie poate fi luată numai pe bază de încredere.

Aceasta este una din raţiunile pentru care o criză anterioară se dovedeşte a fi atît de importantă. Oamenii de ştiinţă care nu au trecut prin ea vor renunţa foarte rar la dovezile solide ale problemelor rezolvate în favoarea a ceea ce poate lesne să se dovedească şi să fie considerată de către mulţi o himeră. Dar criza singură nu este suficientă. Trebuie de asemenea să existe o bază pentru încrederea în candidatul ales, chiar dacă nu este nici raţională, nici, în ultimă instanţă, corectă. Trebuie, cu alte cuvinte, să existe ceva care să determine cel puţin pe cîţiva oameni de ştiinţă să simtă că noua propunere este pe calea cea bună şi uneori numai consideraţii personale şi estetice confuze pot face acest lucru. Au existat oameni care au fost convertiţi de asemenea consideraţii în momente în care majoritatea argumentelor tehnice articulabile indica contrariul. La apariţie, nici teoria astronomică a lui Copernic, nici teoria materiei a lui De Broglie nu prezentau multe alte motive de atracţie. Chiar şi astăzi, teoria generală a lui Einstein îi atrage pe oameni mai ales din motive estetice, o atracţie pe care puţini oameni din afara matematicii au fost în stare să o resimtă.

Nu vreau să sugerez că noile paradigme învinge pînă la urmă printr-o estetică mistică. Dimpotrivă, foarte puţini oameni părăsesc o tradiţie numai pentru asemenea

raţiuni. Adeseori, cei care o fac se dovedesc a fi fost induşi în eroare. Dar pentru ca o paradigmă să învingă vreodată, ea trebuie să-şi cîştige primii suporteri, oameni care o vor dezvolta pînă la punctul în care pot fi produse şi multiplicate argumentele practice. Şi chiar aceste argumente, cînd apar, nu sînt individual hotărîtoare. Întrucît oamenii de ştiinţă sînt rezonabili, unul sau altul dintre argumente îi va convinge pînă la urmă pe mulţi dintre ei. Dar nu există nici un singur argument care să-i poată convinge pe toţi. În loc de convertirea unui singur grup, ceea ce se întîmplă este mai degrabă o tot mai considerabilă redistribuire a fidelităţilor profesionale.

La început, un nou candidat la paradigmă poate avea puţini partizani, iar uneori motivele acestora pot fi dubioase. Totuşi, dacă sînt competenţi, ei îl vor îmbunătăţi, îi vor explora posibilităţile şi vor arăta ce înseamnă să aparţii comunităţii ghidate de el. În acest răstimp, dacă paradigma este destinată să învingă, numărul şi tăria argumentelor convingătoare în favoarea ei vor spori. Tot mai mulţi oameni de ştiinţă vor fi atunci convertiţi, iar explorarea noii paradigme va continua. Treptat, numărul experimentelor, instrumentelor, articolelor şi cărţilor bazate pe acea paradigmă va creşte. Convinşi de fecunditatea noii concepţii, tot mai mulţi vor fi aceia care vor adopta noul mod de a practica ştiinţa normală, pînă cînd, în cele din urmă, mai rămîn doar cîţiva bătrîni mohicani. Şi nici măcar despre aceştia din urmă nu putem spune că greşesc. Deşi istoricul poate găsi întotdeauna oameni — — Priestley, de pildă — care au fost nerezonabili rezistînd atîta vreme, el nu va putea stabili punctul în care rezistenţa devine ilogică sau neştiinţifică. Cel mult, el ar putea dori să spună că omul care continuă să reziste, după ce întreaga sa breaslă a fost convertită, încetează *ipso facto* să mai fie un om de ştiinţă.

# XIII. PROGRES PRIN REVOLUȚII

Paginile anterioare cuprind descrierea schematică a dezvoltării științei, atît cît permite acest eseu. Ele nu pot însă să ofere o concluzie. Dacă această descriere a surprins cîtuși de puțin structura esențială a evoluției continue a unei științe, ea va fi pus totodată și o problemă aparte: de ce întreprinderea conturată mai sus trebuie să evolueze continuu pe căi deosebite, de pildă, de cele ale artei, teoriei politice sau filozofiei? De ce este progresul o condiție rezervată aproape exclusiv activităților pe care le numim știință? Cele mai obișnuite răspunsuri la această întrebare au fost negate în acest eseu. Nu ne rămîne, în încheiere, decît să ne întrebăm dacă nu le putem înlocui cu altele.

Să observăm de îndată că o parte a întrebării este în întregime semantică. Într-o foarte mare măsură, termenul „știință" este rezervat domeniilor care progresează pe căi evidente. Nicăieri nu apare acest lucru mai clar decît în repetatele controverse dacă una sau alta dintre științele sociale contemporane este într-adevăr știință. Aceste controverse își găsesc corespondențe în perioadele preparadigmatice ale domeniilor pe care astăzi, fără nici o ezitare, le considerăm științe. În aparență soluția constă într-o definiție a acestui termen îndărătnic. Întîlnim oameni care argumentează, de exemplu, că psihologia este o știință deoarece posedă cutare și cutare caracteristici. Alții replică că aceste caracteristici nu sînt fie necesare,

fie suficiente pentru a face din acest domeniu o știință. Adeseori, se cheltuiește multă energie, se iscă mari pasiuni, fără ca un observator din afară să înțeleagă de ce. Poate atît de mult să depindă de o *definiție* a „științei"? Poate o definiție să-i spună cuiva dacă este sau nu un om de știință? Și dacă da, de ce nu își bat capul cei din științele naturii sau artiștii cu definiția termenului? Inevitabil, se naște bănuiala că problema este mai adîncă. Probabil că adevăratele întrebări care se pun sînt următoarele: De ce nu avansează domeniul meu precum fizica, de pildă? Ce schimbări de tehnici sau de ideologie i-ar permite să o facă? Acestea nu sînt însă întrebări la care să se poată răspunde printr-un acord asupra unei definiții. Dealtfel, dacă precedentele din științele naturii sînt de vreun folos, asemenea întrebări vor înceta să mai fie prilej de preocupare nu atunci cînd o definiție va fi fost găsită, ci cînd grupul care acum se îndoiește de propriul său statut va fi realizat un consens asupra realizărilor sale trecute și prezente. Poate fi semnificativ, de pildă, faptul că economiștii discută mai puțin despre științificitatea domeniului lor decît practicienii din alte domenii ale științelor sociale. Oare pentru că economiștii știu ce este știința? Sau este oare vorba mai degrabă de faptul că ei sînt de acord asupra problemelor științei economice?

Această idee își are reciproca ei care, deși nu mai este pur și simplu semantică, ne poate ajuta să evidențiem legăturile intime dintre noțiunile noastre de știință și de progres. Vreme de multe secole, atît în antichitate cît și în zorii vremurilor moderne, pictura era considerată ca disciplină cumulativă. În acele timpuri, se presupunea că scopul artistului era reprezentarea. Critici și istorici ca Plinius și Vasari înregistrau cu veneraţie șirul de invenții de la perspectivă pînă la *chiaroscuro* care permiseseră, încetul cu încetul, reprezentări tot mai perfecte ale naturii [1]. Dar întîlnim, de asemenea, vremuri, mai ales în timpul Renașterii, cînd ruptura dintre științe și arte era puțin resimțită. Leonardo era numai unul dintre atîția alții care se mișcau liber între domenii ce aveau să devină

[1] **E. H. Gombrich**, *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation* (New York, 1960), pp. 11—12.

numai mai tîrziu categoric distincte [2]. Apoi, chiar după ce acest transfer permanent a încetat, termenul „artă" a continuat să fie aplicat deopotrivă tehnologiei şi meşteşugurilor, considerate capabile de progres, ca şi picturii şi sculpturii. Numai cînd acestea din urmă au renunţat limpede la reprezentare ca scop al lor şi au început să înveţe din nou după modele primitive, numai atunci ruptura, care acum ni se pare firească, şi-a dobîndit adîncimea ei actuală. Şi chiar astăzi, ca să schimbăm din nou domeniile, dificultatea noastră de a vedea profundele diferenţe dintre ştiinţă şi tehnologie trebuie parţial legată de faptul că progresul este un atribut evident al amîndurora.

Dificultăţile de faţă ar putea fi doar clarificate, nu şi rezolvate, de recunoaşterea faptului că tindem să considerăm ştiinţă orice domeniu în care progresul este evident. Rămîne însă problema de a înţelege de ce progresul ar trebui să fie o caracteristică atît de remarcabilă a unei întreprinderi realizate cu tehnicile şi obiectivele pe care le-a descris acest eseu. Această problemă conţine de fapt mai multe, astfel încît va trebui să le considerăm pe fiecare în parte. În toate cazurile, cu excepţia ultimului, rezolvarea lor va depinde în parte de o inversare a imaginii noastre obişnuite despre relaţia dintre activitatea ştiinţifică şi comunitatea care o practică. Trebuie să învăţăm să recunoaştem drept cauze cele ce de obicei au fost luate drept efecte. Dacă putem face acest lucru, atunci termenii de „progres ştiinţific" şi chiar de „obiectivitate ştiinţifică" pot ajunge să pară parţial redundanţi. De fapt, un aspect al redundanţei a fost tocmai exemplificat. Progresează un domeniu pentru că este o ştiinţă, sau este o ştiinţă pentru că progresează?

Să ne întrebăm acum de ce o întreprindere ca ştiinţa normală trebuie să progreseze şi, în acest scop, să începem prin a ne reaminti cîteva din caracteristicile ei cele mai pregnante. În mod normal membrii unei comunităţi ştiinţifice mature lucrează pe baza unei singure paradigme sau a unei mulţimi de paradigme înrudite îndeaproape. Foarte rar, comunităţile ştiinţifice investighează

[2] *Ibidem*, p. 97; şi **Giorgio de Santillana**, „The Role of Art in the Scientific Renaissance", în *Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 33–65.

aceleaşi probleme. În acele cazuri excepţionale, grupurile împărtăşesc cîteva paradigme majore. Văzut însă dinăuntrul oricărei comunităţi în parte, fie ea ştiinţifică sau nu, rezultatul muncii creatoare reuşite *înseamnă* progres. Şi cum ar putea să fie altfel? Tocmai notam, de pildă, că în vreme ce artiştii aveau ca scop reprezentarea, atît criticii cît şi istoricii au înregistrat progresul ca fiind al unui singur grup, aparent unit. Alte domenii creative evidenţiază un acelaşi gen de progres. Teologul care articulează dogma sau filozoful care perfecţionează imperativele kantiene contribuie la progres, măcar la cel al grupului care împărtăşeşte premisele sale. Nici o şcoală creatoare nu recunoaşte o operă care este, pe de o parte, un succes de creaţie dar care, pe de altă parte, nu este un adaos la înfăptuirile colective ale grupului. Dacă ne îndoim, asemeni multora, că disciplinele nonştiinţifice fac progrese, cauza nu poate fi aceea că şcolile individuale nu fac nici un progres. Mai curînd, cauza trebuie să fie aceea că există întotdeauna şcoli rivale, fiecare chestionînd permanent înseşi fundamentele celorlalte. Cel care argumentează că filozofia, de pildă, nu a făcut nici un progres subliniază faptul că mai există încă aristotelicieni şi nicidecum că aristotelismul nu a reuşit să progreseze.

Aceste îndoieli în privinţa progresului apar însă şi în ştiinţe. De-a lungul întregii perioade preparadigmatice, cînd există o multitudine de şcoli rivale, dovezile progresului, exceptînd cele dinăuntrul şcolilor, sînt foarte greu de găsit. Aceasta este perioada descrisă în secţiunea a II-a, în care cercetători individuali fac ştiinţă fără ca rezultatele muncii lor să se cumuleze într-o ştiinţă aşa cum o cunoaştem. La fel, în timpul revoluţiilor, cînd principiile fundamentale ale unei discipline sînt din nou puse în discuţie, sînt exprimate mereu îndoieli asupra însăşi posibilităţii continuării progresului în cazul în care una sau alta dintre paradigmele opuse este adoptată. Cei care au respins newtonianismul afirmau că întemeierea sa pe forţe înnăscute ar reîntoarce ştiinţa în Evul Mediu. Cei care se opuneau chimiei lui Lavoisier susţineau că părăsirea „principiilor" chimice în favoarea elementelor de laborator reprezenta o negare a explicaţiilor chimice existente de către cei care voiau să se refugieze în spatele unui simplu nume. O atitudine similară, deşi mai moderat exprimată, pare să fi stat la baza opoziţiei lui Einstein, Bohm şi a altora

față de interpretarea probabilistă dominantă a mecanicii cuantice. Pe scurt, numai în cursul perioadelor de știință normală progresul pare evident și asigurat. Dar, în cursul acestor perioade, comunitatea științifică nu poate concepe altfel rezultatele muncii sale.

Așadar, în termenii științei normale, o parte a răspunsului la problema progresului este evidentă pentru oricine. Progresul științific nu este diferit calitativ de progresul din alte domenii dar absența, în majoritatea timpului, a școlilor rivale care își contestă reciproc obiectivele și criteriile face ca progresul unei comunități angajate în știință normală să fie mult mai ușor de remarcat. Dar aceasta nu este decît o parte a răspunsului și nicidecum cea mai importantă. Am observat, de pildă, că de îndată ce adoptarea unei paradigme comune eliberează comunitatea științifică de necesitatea permanentă de a-și reexamina principiile de bază, membrii acelei comunități se pot concentra exclusiv asupra fenomenelor mai subtile și esoterice care îi preocupă. Inevitabil, de aici urmează o sporire a eficacității și randamentului cu care grupul, în ansamblu, rezolvă noile probleme. Alte aspecte ale vieții profesionale din știință amplifică și mai mult această eficiență deosebită.

Unele din aceste aspecte sînt consecințe ale distanțării fără precedent a comunităților științifice mature de exigențele oamenilor obișnuiți și ale vieții de zi cu zi. Această distanțare nu a fost niciodată completă; ceea ce discutăm acum este o chestiune de grad. Totuși, nu există nici o altă comunitate profesională în care munca creatoare a individului să fie într-o asemenea măsură adresată celorlalți membri ai comunității și evaluată de către ei. Cel mai esoteric dintre poeți sau cel mai abstract dintre teologi este mult mai preocupat decît omul de știință de aprobarea de către profani a muncii sale creatoare, deși poate fi chiar mai puțin preocupat de aprobare în general. Această diferență se dovedește plină de consecințe. Tocmai pentru că se adresează unui public de colegi, un public care îi împărtășește valorile și convingerile, omul de știință poate presupune și lua ca indiscutabilă o unică mulțime de criterii. El nu are nevoie să se preocupe de ce va gîndi alt grup sau altă școală și poate, deci, lăsa la o parte o problemă pentru a se ocupa de următoarele mai eficient decît cei care lucrează pentru un grup mai

eterogen. Chiar mai important este faptul că izolarea de societate a comunității științifice permite omului de știință să-și concentreze atenția asupra problemelor despre care are temeiuri suficiente să creadă că va fi în stare să le rezolve. Spre deosebire de inginer și mulți medici sau de majoritatea teologilor, omul de știință nu este nevoit să-și aleagă probleme care trebuie urgent soluționate, indiferent de instrumentele de care dispune pentru a le rezolva*. În această privință, contrastul dintre cercetătorii din științele naturii și mulți dintre cei din științele sociale se dovedește de asemenea instructiv. Aceștia din urmă, spre deosebire de primii, tind adesea să-și justifice alegerea unei probleme de cercetare — de exemplu, efectele discriminării rasiale sau cauzele ciclului afacerilor — mai ales în termenii importanței sociale a obținerii unei soluții. Care dintre grupuri ne vom aștepta atunci să rezolve mai rapid problemele?

Efectele izolării de restul societății sînt considerabil amplificate de o altă trăsătură a comunității științifice: natura inițierii ei educaționale. În muzică, arte plastice și literatură profesionistul își dobîndește educația prin contactul cu lucrările altor artiști, mai ales ale înaintașilor. Manualele, cu excepția compendiilor sau a antologiilor de creații originale, au numai un rol secundar. În istorie, filozofie și științe sociale, manualele au o importanță mai mare. Dar chiar și în aceste domenii, cursurile universitare elementare folosesc lecturi paralele din surse originale, unele din ele fiind lucrări clasice în acel domeniu, iar altele rapoarte de cercetare contemporane pe care profesioniștii le scriu pentru informarea colegilor lor. În consecință, studentul din oricare din aceste discipline este permanent conștient de imensa varietate de probleme pe care membrii viitorului său grup au încercat să

* Cînd vorbește de „izolarea de societate a comunității științifice", Kuhn pare să aibă în vedere acele domenii ale cercetării fundamentale în care obiectivele cercetării decurg, în primul rînd, din problemele-*puzzle* legate de adoptarea unei anumite paradigme și nu din necesitățile rezolvării unor probleme practice importante și presante. Aceasta nu exclude desigur faptul că rezultatele cercetării fundamentale pot avea cele mai revoluționare aplicații practice. Kuhn accentuează în acest pasaj, ca și în general în cartea sa, deosebirea dintre cercetarea fundamentală și cea aplicativă, nu unitatea lor. Nu este însă vorba de o poziție de principiu, ci de o consecință a problematicii specifice a lucrării sale și a punctului pînă la care autorul a reușit să ajungă în elaborarea și aprofundarea acestei problematici. (Vezi în această privință și observațiile din Prefață, p. 40—41.)

o rezolve de-a lungul timpului. Mai important, chiar, este faptul că el are constant în faţa lui un număr de soluţii rivale şi incomensurabile ale acestor probleme, soluţii pe care el trebuie pînă la urmă să le evalueze singur.

Să comparăm această situaţie cu cea din ştiinţele (cel puţin) contemporane ale naturii. În aceste discipline, studentul se bazează îndeosebi pe manuale pînă cînd, în al treilea sau al patrulea an de studii, îşi începe propria sa cercetare. Multe programe nu cer studenţilor nici măcar să citească lucrări care nu au fost scrise expres pentru ei. Puţinele care pretind lecturi suplimentare ale unor articole şi monografii de cercetare restrîng aceste lecturi la cele mai avansate cursuri şi materiale care, mai mult sau mai puţin, continuă de unde manualele existente se opresc. Pînă în ultimele stadii ale educaţiei unui om de ştiinţă, manualele înlocuiesc sistematic literatura ştiinţifică creatoare care le-a făcut posibile. Dată fiind încrederea în paradigmele lor, care face posibilă această tehnică educaţională, puţini oameni de ştiinţă vor dori să o schimbe. Şi de ce, la urma urmelor, să citească studentul în fizică lucrările lui Newton, Faraday, Einstein sau Schrödinger cînd tot ce are nevoie să ştie despre aceste lucrări este recapitulat într-o formă mult mai concisă, mai precisă şi mai sistematică în cîteva manuale recente?

Fără a dori să apăr gradul excesiv la care a ajuns uneori acest tip de educaţie, nu putem să nu observăm că, în general, el a fost extraordinar de eficient. Firește, aceasta este o educaţie îngustă şi rigidă, probabil mai mult decît oricare alta, cu excepţia, poate, a teologiei ortodoxe. Dar, pentru activitatea ştiinţifică normală, pentru rezolvarea de *puzzles* în cadrul tradiţiei pe care o definesc manualele, omul de ştiinţă este aproape perfect echipat. Apoi, el este bine echipat şi pentru o altă sarcină — generarea prin ştiinţa normală a crizelor semnificative. Cînd ele survin, omul de ştiinţă nu mai este, firește, atît de bine pregătit. Chiar dacă crizele prelungite se reflectă probabil într-o practică educaţională mai puţin rigidă, pregătirea ştiinţifică nu este, în general, concepută să formeze un om capabil să descopere cu uşurinţă o nouă abordare. Atîta vreme, însă, cît cineva apare cu un nou candidat la paradigmă — de obicei un tînăr sau un novice în domeniu — — pierderile datorate rigidităţii îl afectează doar pe individ. Fiind dat răstimpul unei generaţii în cursul căruia

să se poată produce schimbarea, rigiditatea individuală este compatibilă cu o comunitate care poate trece de la o paradigmă la alta cînd împrejurările o cer — mai ales cînd însăşi această rigiditate oferă comunităţii un indicator sensibil că ceva nu este în regulă.

În starea ei normală, aşadar, o comunitate ştiinţifică este un instrument extrem de eficient de rezolvare a problemelor sau *puzzles*-urilor definite de paradigma ei. Rezultatul rezolvării acestor probleme trebuie inevitabil să reprezinte un progres. Nu este nimic problematic aici. Dar înţelegerea acestui aspect nu face decît să scoată în relief al doilea aspect principal al problemei progresului în ştiinţă. Să ne oprim deci asupra lui şi să vedem cum se pune problema progresului în ştiinţa extraordinară. De ce ar însoţi progresul, aparent întotdeauna, revoluţiile ştiinţifice? Din nou, putem afla multe întrebîndu-ne ce alt rezultat ar putea avea o revoluţie ştiinţifică. Revoluţiile se încheie printr-o victorie totală pentru una din cele două tabere opuse. Va spune vreodată acea tabără că rezultatul victoriei ei înseamnă mai puţin decît progres? Aşa ceva nu ar fi departe de a admite că ei au greşit şi că adversarii au avut dreptate. Cel puţin pentru ei, rezultatul revoluţiei trebuie să însemne progres şi au toate posibilităţile pentru a face ca viitorii membrii ai comunităţii lor să vadă istoria trecută în acelaşi mod. Secţiunea a XI-a a descris detaliat metodele prin care este îndeplinit acest deziderat, iar mai sus ne-am referit la un aspect foarte înrudit al vieţii ştiinţifice profesionale. Cînd repudiază o fostă paradigmă, comunitatea ştiinţifică neagă în acelaşi timp, ca obiect adecvat al examenului profesional, majoritatea cărţilor şi articolelor în care era materializată acea paradigmă. Educaţia ştiinţifică nu foloseşte vreun echivalent al muzeului de artă sau al bibliotecii de lucrări clasice, rezultatul fiind uneori o distorsionare drastică în înţelegerea de către omul de ştiinţă a trecutului disciplinei sale. În mai mare măsură decît practicienii altor discipline creatoare, el ajunge să vadă acest trecut ca ducînd în linie dreaptă la punctul de vedere actual al disciplinei sale. Pe scurt, el ajunge să îl vadă ca progres. Nici o alternativă nu îi este disponibilă atîta vreme cît rămîne înăuntrul disciplinei.

Inevitabil, aceste remarci vor sugera că membrul unei comunităţi ştiinţifice mature este, asemenea personajului

tipic din *1984* al lui Orwell, victima unei istorii rescrise de puternicii zilei. Această sugestie nu este cu totul nepotrivită. Există pierderi ca şi cîştiguri în revoluţiile ştiinţifice, dar oamenii de ştiinţă tind să fie deosebit de orbi la cele dintîi [3]. Pe de altă parte, nici o explicaţie a progresului prin revoluţii nu se poate opri aici. A face acest lucru ar presupune că în ştiinţă cel puternic are dreptate — o formulare care, din nou, nu ar fi întru totul greşită dacă nu ar ascunde natura procesului şi autorităţii prin care este făcută alegerea între paradigme. Dacă numai autoritatea şi în particular autoritatea neprofesională ar fi arbitrul controverselor dintre paradigme, deznodămîntul acestor controverse ar putea fi totuşi o revoluţie, dar nu una *ştiinţifică*. Însăşi existenţa ştiinţei depinde de investirea membrilor unui tip special de comunitate cu puterea de a alege între paradigme. Cît de specială trebuie să fie acea comunitate pentru ca ştiinţa să supravieţuiască şi să se dezvolte, reiese din însăşi fragilitatea legăturii pe care omenirea o are cu întreprinderea ştiinţifică. Fiecare civilizaţie despre care avem mărturii a posedat o tehnologie, o artă, o religie, un sistem politic, legi, şi aşa mai departe. În multe cazuri, acele aspecte ale civilizaţiei au fost la fel de dezvoltate ca şi ale noastre. Dar numai civilizaţiile care descind din Grecia antică au posedat mai mult decît o ştiinţă foarte rudimentară. Cea mai mare parte a cunoaşterii ştiinţifice este un produs al Europei din ultimele patru secole. Nici un alt loc şi timp nu au favorizat dezvoltarea comunităţilor foarte speciale ce generează productivitatea ştiinţifică.

Care sînt caracteristicile esenţiale ale acestor comunităţi? Evident, ele necesită un studiu mult mai amplu. În acest domeniu sînt posibile numai cele mai ipotetice generalizări. Totuşi, cîteva condiţii de apartenenţă la un grup profesional ştiinţific trebuie să se fi impus deja cu deosebită claritate. De pildă, omul de ştiinţă trebuie să fie preocupat de rezolvarea problemelor privind comportamentul naturii. În plus, deşi preocuparea sa pentru natură poate fi globală ca întindere, problemele asupra

[3] Istoricii ştiinţei întîlnesc adeseori această orbire într-o formă deosebit de izbitoare. Studenţii care vin la ei din ştiinţe reprezintă, foarte adesea, cel mai promiţător grup căruia îi predau. Dar la început, acesta este de obicei şi grupul cel mai dificil. Deoarece studenţii în ştiinţe „ştiu care sînt răspunsurile corecte", este extrem de greu să-i convingi să analizeze o ştiinţă mai veche în termenii ei proprii.

cărora lucrează trebuie să fie probleme de detaliu. Mai important : soluțiile care îl satisfac nu pot fi numai personale ci trebuie să fie acceptate ca soluții de către mulți. Grupul care le împărtășește nu poate fi însă ales la întîmplare din societate, ci este, mai degrabă, comunitatea bine definită a colegilor profesioniști ai omului de știință. Ca indivizi și în virtutea pregătirii și experienței lor comune, membrii grupului trebuie considerați singurii posesori ai regulilor jocului sau ai unei baze echivalente pentru judecăți neechivoce. Îndoiala că ei împărtășesc o asemenea bază pentru evaluări ar implica admiterea existenței unor criterii incompatibile ale realizărilor științifice. Această admitere ar ridica inevitabil chestiunea dacă adevărul în știință poate fi unul.

Această listă restrînsă de caracteristici comune comunităților științifice a fost — și trebuie — integral dedusă din practica științei normale. Aceasta este activitatea pentru care omul de știință este în mod obișnuit pregătit. De observat, însă, că în ciuda mărimii ei reduse, această listă este deja suficientă pentru a distinge asemenea comunități de toate celelalte grupuri profesionale. Și să observăm, în plus, că în ciuda întemeierii ei pe știința normală, lista dă seamă de multe trăsături deosebite ale reacției grupului în timpul revoluțiilor științifice și mai ales în timpul controverselor dintre paradigme. Am remarcat că un grup de acest gen trebuie să vadă în schimbarea unei paradigme un progres. Acum putem recunoaște că ideea se confirmă în cîteva privințe importante. Comunitatea științifică este un instrument extrem de eficient pentru maximizarea numărului și preciziei problemelor rezolvate prin schimbarea paradigmei.

Întrucît unitatea de măsură a reușitei științifice este problema rezolvată și întrucît grupul știe bine care probleme au fost deja rezolvate, puțini oameni de știință vor fi lesne convinși să adopte un punct de vedere care pune din nou la îndoială multe dintre problemele ce fuseseră anterior rezolvate. Natura însăși trebuie mai întîi să submineze siguranța profesională, făcînd ca reușitele anterioare să pară problematice. Apoi, chiar atunci cînd aceasta s-a întîmplat și s-a apelat la un nou candidat la paradigmă, oamenii de știință nu se vor grăbi să îl adopte pînă cînd nu vor fi convinși că sînt îndeplinite două condiții extrem de importante. În primul rînd, noul candidat

trebuie să pară că rezolvă unele probleme proeminente şi general recunoscute că nu pot fi abordate altfel. În al doiea rînd, noua paradigmă trebuie să garanteze păstrarea unei părţi relativ mari a capacităţii concrete de rezolvare a problemelor pe care predecesoarele ei au încorporat-o ştiinţei. Noutatea de dragul noutăţii nu este un deziderat în ştiinţă, la fel cum nu este nici în multe alte domenii de creaţie. În consecinţă, deşi noile paradigme nu dispun decît rareori sau niciodată de toate capacităţile predecesoarelor lor, ele păstrează de obicei o bună parte din componentele cele mai concrete ale realizărilor trecute şi întotdeauna permit şi alte soluţii concrete ale problemelor.

Capacitatea de a rezolva problema nu este desigur nici singura bază pentru o alegere între paradigme şi nici una lipsită de echivoc. Am stabilit destule temeiuri pentru care nu poate exista un astfel de criteriu. Dar cele de mai sus sugerează că o comunitate de specialişti în ştiinţe va face tot ce îi stă în putere pentru a asigura continua creştere a datelor adunate, pe care le poate trata precis şi detaliat. În cursul procesului, comunitatea va suferi pierderi. Deseori, unele din vechile probleme vor fi înlăturate. De multe ori, revoluţia restrînge sfera de preocupări profesionale ale comunităţii, sporeşte măsura specializării ei şi slăbeşte legăturile sale de comunicare cu alte grupuri, atît ştiinţifice cît şi profane. Deşi ştiinţa creşte indiscutabil în adîncime, ea poate să nu crească şi în amploare. Dacă totuşi o face, această amploare este evidentă mai ales în proliferarea specialităţilor ştiinţifice, nu şi în domeniul vreunei specialităţi în parte. Totuşi, în ciuda acestor şi altor pierderi ale diferitelor comunităţi, natura comunităţilor oferă o garanţie virtuală că atît lista problemelor rezolvate de ştiinţă cît şi precizia soluţiilor lor individuale nu vor înceta să crească. Cel puţin, natura comunităţii asigură o astfel de garanţie, dacă există în general vreun mod în care ea poate fi asigurată. Ce alt criteriu mai bun poate exista decît decizia grupului ştiinţific?

Ultimele paragrafe indică direcţiile în care cred că trebuie căutată o mai bună soluţionare a problemei progresului în ştiinţă. Ele indică poate că progresul ştiinţific nu este ceea ce am crezut. Dar ele arată în acelaşi timp că un anume fel de progres va caracteriza inevitabil

întreprinderea ştiinţifică atîta vreme cît o asemenea întreprindere supravieţuieşte. În ştiinţă nu trebuie să existe un altfel de progres. Pentru a fi mai clar, s-ar putea să fim nevoiţi să renunţăm la ideea, explicită sau implicită, că schimbările de paradigme îi apropie tot mai mult de adevăr pe oamenii de ştiinţă şi pe cei care învaţă de la ei.

A venit momentul să observăm că, exceptînd ultimele cîteva pagini, termenul de „adevăr" nu a apărut în acest eseu decît într-un citat din Francis Bacon. Şi chiar în aceste ultime pagini, el a apărut numai ca o bază a convingerii omului de ştiinţă că nu pot coexista reguli incompatibile de a face ştiinţă decît în timpul revoluţiilor, cînd principala sarcină a comunităţii ştiinţifice este de a elimina toate mulţimile de asemenea reguli, cu excepţia uneia. Procesul de dezvoltare descris în acest eseu a fost un proces de evoluţie *de la* începuturi rudimentare, un proces ale cărui stadii succesive sînt caracterizate printr-o înţelegere tot mai detaliată şi adîncă a naturii. Dar nimic din ceea ce a fost sau va fi spus aici nu îl defineşte ca un proces de evoluţie *spre* ceva. Inevitabil, această lacună îi va fi deranjat pe mulţi cititori. Sîntem profund obişnuiţi să concepem ştiinţa ca fiind întreprinderea care se apropie permanent de scopuri prestabilite de natură.

Dar este oare nevoie de vreun asemenea scop? Nu putem oare explica existenţa şi succesul ştiinţei deopotrivă în termenii evoluţiei stării de cunoaştere a comunităţii în orice moment dat? Ne ajută realmente să ne închipuim că există vreo explicaţie deplină, obiectivă, adevărată a naturii şi că măsura adecvată a reuşitei ştiinţifice este gradul în care ea ne apropie de acest scop final?* Dacă putem învăţa să înlocuim evoluţia-spre-ceea-ce-dorim-să-cunoaştem cu evoluţia-de-la-ceea-ce-cunoaştem, atunci vor dispare unele problemele supărătoare. Undeva, în acest labirint, trebuie să se afle, de pildă, şi problema inducţiei.

Nu pot încă specifica în detaliu consecinţele acestei concepţii alternative despre progresul ştiinţei. Ea ne ajută însă să recunoaştem că transformarea conceptuală propusă aici este foarte apropiată de cea întreprinsă cu un secol în urmă. Ea este deosebit de utilă deoarece, în ambele cazuri, principalul obstacol în faţa transformării este

* A se vedea studiul introductiv, p. 27—28.

același. Cînd Darwin a publicat prima oară, în 1859, teoria sa asupra evoluției prin selecție naturală, ceea ce i-a îngrijorat cel mai mult pe specialiști nu a fost nici ideea schimbării speciilor și nici posibila descindere a omului din maimuță. Dovezile privitoare la evoluție, inclusiv la evoluția omului, se acumulaseră timp de decenii, iar ideea evoluției fusese avansată și larg răspîndită încă înainte. Deși ideea evoluției, ca atare, a întîmpinat rezistență, mai ales din partea unor grupări religioase, aceasta nu era nici pe departe cea mai mare dintre dificultățile de care s-au lovit darviniștii. Acea dificultate provenea dintr-o idee care era într-o mult mai mare măsură proprie lui Darwin. Toate teoriile evoluționiste bine cunoscute înainte de Darwin — cele aparținînd lui Lamarck, Chambers, Spencer și unor *Naturphilosophen* germani — — considerau evoluția drept un proces orientat spre un scop. Se credea că, „ideea" de om și de floră și faună contemporană fusese prezentă de la prima creare a vieții, poate în cugetul lui Dumnezeu. Era ideea sau planul care dăduse direcția și forța orientativă întregului proces evolutiv. Fiecare nou stadiu al dezvoltării evolutive reprezenta o și mai perfectă realizare a unui plan care existase de la bun început [4].

Pentru mulți oameni abolirea genului teleologic de evoluție a fost cea mai semnificativă și mai puțin agreabilă din ideile lui Darwin [5]. *Originea speciilor* nu admitea vreun scop stabilit de Dumnezeu sau de natură. În schimb, selecția naturală, operînd într-un mediu dat și asupra organismelor reale aflate acolo, era responsabilă de apariția treptată dar continuă a unor organisme mai elaborate, mai articulate și mult mai specializate. Chiar organe atît de minunat adaptate cum sînt ochiul și mîna omului — — organe a căror articulare oferise mai înainte puternice argumente în favoarea existenței unui arhitect suprem și a unui plan prestabilit — erau produse ale unui proces care are *origini* primitive, dar care nu are nici un *scop*. Ideea că selecția naturală, rezultînd numai din competiția

[4] Loren Eiseley, *Darwin's century: Evolution and the Men Who Discovered it* (New York, 1958), cap. II, IV—V.

[5] Pentru o relatare deosebit de pătrunzătoare a uneia din confruntările darviniste majore cu această problemă, vezi A. Hunter Dupree, *Asa Gray, 1810—1888* (Cambridge, Mass., 1959), pp. 295—306, 355—383.

dintre organisme pentru supraviețuire, putea să-l fi produs pe om împreună cu animalele și plantele superioare era cel mai dificil și mai tulburător aspect al teoriei lui Darwin. Ce puteau să însemne ideile de „evoluție", „dezvoltare" și „progres" în lipsa unui scop specificat? Pentru mulți oameni, acești termeni păreau dintr-odată contradictorii.

Analogia dintre evoluția organismelor și evoluția ideilor științifice poate fi ușor dusă prea departe. Dar în raport cu problemele din această secțiune finală, ea este foarte potrivită. Procesul descris în secțiunea a XII-a ca deznodămînt al revoluțiilor este selecția prin conflict, înăuntrul comunității științifice, a celui mai apt mod de a face știință. Rezultatul net al unui șir de astfel de selecții revoluționare, separate de perioade de cercetare normală, este mulțimea de instrumente minunat adaptate pe care o numim cunoaștere științifică modernă. Etapele succesive ale acestui proces evolutiv sînt marcate de o creștere a articulării și specializării. Iar întregul proces poate să fi apărut, așa cum credem astăzi că s-a întîmplat cu evoluția biologică, fără concursul unui scop prestabilit, al unui adevăr științific fixat o dată pentru totdeauna, în raport cu care fiecare etapă în dezvoltarea cunoașterii științifice este o copie mai bună.

Oricine a urmărit argumentarea pînă în acest punct va simți totuși nevoia să întrebe: De ce funcționează procesul evolutiv? Cum trebuie să fie natura, inclusiv omul, pentru ca știința să fie posibilă? De ce sînt comunitățile științifice capabile să ajungă la un consens ferm, inaccesibil în alte domenii? De ce durează acest consens în cursul schimbărilor de paradigme? Și de ce schimbarea paradigmelor produce invariabil un instrument mai perfecționat, în toate sensurile, decît cele cunoscute pînă atunci? Dintr-un anume punct de vedere, aceste întrebări, cu excepția celei dintîi, au primit deja un răspuns. Dar dintr-un alt punct de vedere, ele sînt la fel de deschise pe cît fuseseră la începutul acestui eseu. Nu numai comunitatea științifică trebuie să fie deosebită. Lumea din care această comunitate este o parte trebuie de asemenea să aibă caracteristici cu totul deosebite și nu sîntem mai aproape de a ști care trebuie să fie acestea decît fusesem la început. Această problemă — cum trebuie să fie lumea pentru ca omul să o poată cunoaște — nu a fost însă

creată de acest eseu. Dimpotrivă, este o problemă veche cît ştiinţa însăşi şi fără răspuns. Dar ea nu trebuie să primească un răspuns aici. Orice concepţie despre natură, compatibilă cu ideea creşterii ştiinţei, este compatibilă şi cu concepţia evoluţionistă despre ştiinţă dezvoltată aici. Deoarece această concepţie este de asemenea compatibilă cu observarea atentă a vieţii ştiinţifice, există argumente puternice pentru a o folosi în încercările de a rezolva numeroasele probleme cu care mai sîntem încă confruntaţi.

BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY

# POSTSCRIPTUM-1969

S-au scurs aproape şapte ani de la apariţia acestei cărţi [1]. Între timp, atît reacţiile criticilor cît şi cercetările mele ulterioare m-au făcut să înţeleg mai bine un număr de probleme pe care le ridică această carte. În chestiunile fundamentale punctul meu de vedere este aproape neschimbat, deşi recunosc acum aspecte ale formulării lui iniţiale care au creat dificultăţi şi neînţelegeri gratuite. Întrucît unele din aceste neînţelegeri îmi aparţin, eliminarea lor îmi permite să cîştig teren pentru ceea ce va fi, în ultimă instanţă, baza unei noi versiuni a cărţii [2]. Pînă atunci, consider binevenită posibilitatea de a schiţa revizuirile necesare, de a comenta unele critici repetate şi de a sugera direcţiile în care se dezvoltă actualmente propria mea gîndire [3].

---

[1] Acest postscriptum a fost iniţial pregătit la sugestia fostului meu student şi vechi prieten, Dr. Shigeru Nakayama de la Universitatea din Tokio, pentru a fi inclus în traducerea japoneză a cărţii. Îi sînt recunoscător pentru idee, pentru răbdarea sa în aşteptarea fructificării ei şi pentru permisiunea de a include rezultatul în ediţia engleză.

[2] Pentru această ediţie nu am încercat o rescriere sistematică, restrîngînd modificările la corectarea cîtorva erori tipografice, plus a două pasaje care conţineau erori izolate. Una este descrierea rolului *Principiilor* lui Newton în dezvoltarea mecanicii secolului al optsprezecelea de la pp. 73—76 de mai sus. Cealaltă se referă la reacţia la crize (p. 129).

[3] Alte indicaţii pot fi găsite în două eseuri recente ale mele: „Reflections on my Critics", în **Imre Lakatos** and **Alan Musgrave** (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge, 1970); şi „Second Thoughts on

Unele din dificultăţile principale ale textului meu original se concentrează în jurul conceptului de paradigmă; de aceea discuţia mea va începe cu ele [4]. În subsecţiunea care urmează de îndată, sugerez utilitatea despărţirii acestui concept de noţiunea de comunitate ştiinţifică, arăt cum se poate face acest lucru şi discut unele consecinţe semnificative ale separării analitice ce rezultă. Apoi mă refer la ceea ce se întîmplă cînd paradigmele sînt cercetate prin examinarea comportamentului membrilor unei comunităţi ştiinţifice *determinate în prealabil*. Această procedură dezvăluie imediat faptul că, într-o mare parte a cărţii, termenul „paradigmă" este folosit în două sensuri diferite. Pe de o parte, el desemnează o întreagă constelaţie de convingeri, valori, metode etc., împărtăşite de membrii unei comunităţi date. Pe de altă parte, el denotă un tip de element din acea constelaţie, soluţiile concrete ale *puzzles*-urilor care, folosite ca modele sau exemple, pot înlocui reguli explicite ca bază pentru rezolvarea celorlalte *puzzles* ale ştiinţei normale. Primul sens al termenului, să-l numim sociologic, formează obiectul subsecţiunii 2 de mai jos; subsecţiunea 3 este consacrată paradigmelor ca realizări exemplare ale trecutului.

Cel puţin filozofic, acest al doilea sens al „paradigmei" este mai adînc decît primul, iar afirmaţiile pe care le-am făcut în numele lui sînt principalele surse de controverse şi neînţelegeri stîrnite de această carte, mai ales ale acuzaţiei că fac din ştiinţă o întreprindere subiectivă şi iraţională. Aceste chestiuni sînt tratate în subsecţiunile 4 şi 5. Prima argumentează că termeni ca „subiectiv" şi „intuitiv" nu pot fi corect aplicaţi componentelor cunoaşterii pe care le-am descris ca fiind tacit incorporate în exemple comune. Deşi o asemenea cunoaştere nu este supusă, fără schimbări esenţiale, parafrazării în termeni de reguli şi criterii, ea este totuşi sistematică, verificată în timp şi într-un sens corigibilă. Subsecţiunea 5 aplică acest argument la pro-

---

Paradigms", în **Frederick Suppe** (ed.), *The Structure of Scientific Theories* (Urbana, Ill., 1973). Voi cita mai jos primul dintre aceste eseuri prin „Reflections" iar volumul în care acesta apare prin *Growth of Knowledge*; la al doilea eseu mă voi referi sub titlul de „Second Thoughts".

[4] Pentru o critică deosebit de convingătoare a prezentării pe care am făcut-o iniţial paradigmelor, vezi **Margaret Masterman**, „The Nature of a Paradigm", în *Growth of Knowledge*; şi **Dudley Shapere**, „The Structure of Scientific Revolutions", *Philosophical Review*, LXXIII (1964), 383–394.

blema alegerii între două teorii incompatibile, conchizînd că oamenii cu puncte de vedere incomparabile pot fi consideraţi membrii unor comunităţi lingvistice diferite şi că problemele lor de comunicare pot fi analizate ca probleme de traducere. Alte trei chestiuni rămase sînt discutate în subsecţiunile finale 6 şi 7. Prima se referă la acuzaţia că concepţia despre ştiinţă dezvoltată în această carte este întru totul relativistă. Cealaltă debutează cu întrebarea dacă argumentarea mea suferă realmente, cum s-a spus, de pe urma unei confuzii între o manieră descriptivă şi, respectiv, normativă de prezentare a lucrurilor; în încheiere se fac cîteva scurte remarci asupra unei teme care merită un eseu separat: este vorba despre măsura în care principalele teze ale cărţii pot fi în mod legitim aplicate şi altor domenii decît ştiinţa.

## 1. Paradigmele şi structura comunităţii

Termenul de „paradigmă" apare aproape de la începutul eseului, iar modul în care este introdus este intrinsec circular. O paradigmă este ceea ce împărtăşesc membrii unei comunităţi ştiinţifice şi, reciproc, o comunitate ştiinţifică este compusă din oameni care împărtăşesc o paradigmă. Nu toate circularităţile sînt vicioase (voi susţine mai jos un argument cu o structură similară), dar cea de faţă generează reale dificultăţi. Comunităţile ştiinţifice pot şi trebuie să fie identificate fără recursul prealabil la paradigme; paradigmele pot fi atunci descoperite examinînd comportamentul membrilor unei comunităţi date. Dacă ar fi rescrisă, cartea ar debuta de aceea cu o discuţie asupra structurii de comunitate a ştiinţei, o temă care a devenit recent o preocupare semnificativă a cercetării sociologice şi pe care istoricii ştiinţei încep de asemenea să o ia în serios. Rezultate preliminare, multe dintre ele încă nepublicate, arată că tehnicile empirice necesare pentru explorarea ei nu sînt lipsite de importanţă, dar că unele există şi altele vor fi cu siguranţă elaborate [5]. Cei

[5] **W. O. Hagstrom**, *The Scientific Community* (New York, 1965), cap. IV şi V; **D. J. Price** şi **D. de B. Beaver**, „Collaboration in an Invisible College", *American Psychologist*, XXI (1966), 1011—1018; **Diana Crane**, „Social Structure in a Group of Scientists; A Test of the « Invisible College » Hypothesis", *American Sociological Review*, XXXIV (1969), 335—352; **N. C. Mullins**, *Social Networks among Biological Scientists*, (Ph. D. diss.,

mai mulți dintre oamenii de știință activi răspund de îndată la întrebări privind apartenența lor la diverse comunități, considerînd firesc faptul că responsabilitatea pentru diferitele specialități curente este distribuită între grupuri cu o compoziție aproximativ determinată. Voi presupune deci că vor fi găsite mijloace mai sistematice pentru identificarea lor. În loc de a prezenta rezultatele cercetărilor preliminare, voi dezvolta pe scurt noțiunea intuitivă de comunitate care stă la baza unei părți considerabile din primele secțiuni ale cărții. Este o noțiune larg împărtășită astăzi de savanți, sociologi și de un număr de istorici ai științei.

Potrivit acestei concepții, o comunitate științifică este compusă din practicienii unei specialități științifice date. Într-o măsură, neegalată în majoritatea celorlalte domenii, ei au trecut prin aceeași educație și inițiere profesională; un proces din care ei au asimilat aceeași literatură tehnică și au învățat multe lucruri asemănătoare. De obicei, limitele acestei literaturi standard marchează limitele obiectului cercetării, iar fiecare comunitate are de regulă unul propriu. Există școli în științe, adică comunități care abordează același subiect din puncte de vedere incompatibile. Dar ele sînt mult mai rare aici decît în alte domenii; ele se află întotdeauna în competiție; iar competiția se încheie de obicei repede. În consecință, membrii unei comunități științifice se consideră pe sine și sînt considerați de alții ca fiind singurii responsabili pentru urmărirea unor scopuri comune, inclusiv pregătirea urmașilor lor. Înăuntrul unor asemenea grupuri, comunicarea este relativ deplină iar judecata profesională relativ unanimă. Întrucît atenția diferitelor comunități științifice este, pe de altă parte, concentrată asupra unor chestiuni diferite, comunicarea profesională peste granițele ce separă grupurile este uneori anevoioasă, adesea generează neînțelegeri și, dacă este continuată, poate stîrni dezacorduri importante, nebănuite mai înainte.

În acest sens, există firește comunități la numeroase nivele. Cea mai cuprinzătoare este comunitatea tuturor practicienilor din științele naturii. La un nivel puțin mai

---

Harvard University, 1966) și „The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group" (comunicare prezentată la întrunirea anuală a Asociației americane de sociologie, Boston, 1968).

coborît, principalele grupuri ştiinţifice sînt comunităţi de fizicieni, chimişti, astronomi, zoologi ş. a. m. d. Pentru aceste grupări majore, apartenenţa la comunitate este uşor de stabilit, excepţie făcînd cei ce lucrează în domenii marginale. Temele de cea mai mare importanţă, apartenenţa la societăţi profesionale şi revistele citite — iată condiţii de obicei mai mult decît suficiente. Metode similare vor identifica de asemenea subgrupuri majore: chimişti organicieni şi poate, printre ei, specialişti în chimia proteinelor; fizicieni ai solidului şi energiilor înalte; radioastronomi ş. a. m. d. Numai la nivelul imediat inferior apar probleme empirice. Pentru a lua un exemplu contemporan, cum ar fi izolat cineva grupul specialiştilor în bacteriofagie, înainte de recunoaşterea sa publică? În acest scop, cineva trebuie să participe la conferinţe speciale, la circuitul distribuirii manuscriselor sau spalturilor înainte de publicare şi, mai ales, la toate reţelele formale şi informale de comunicare, inclusiv cele descoperite în corespondenţă şi în reţeaua de citate la care se recurge[6]. Cred că este o treabă care poate fi şi va fi făcută, cel puţin pentru ştiinţa contemporană şi cele mai recente părţi ale istoriei ştiinţei. În mod obişnuit, ea poate dezvălui comunităţi de aproximativ o sută de membri, uneori chiar mult mai puţini. De obicei, oamenii de ştiinţă, cei mai capabili mai ales, vor aparţine simultan sau succesiv cîtorva asemenea grupuri.

Comunităţile de acest gen sînt unităţile pe care le-am prezentat ca producătoare şi validatoare de cunoaştere ştiinţifică. Paradigmele sînt ceea ce împărtăşesc membrii unor asemenea grupuri. Fără referire la natura acestor elemente comune, multe aspecte ale ştiinţei, descrise în paginile anterioare, nu prea pot fi înţelese. Alte aspecte pot fi înţelese, deşi ele nu sînt independent prezentate în textul meu original. Merită deci semnalate, înainte de a ne ocupa direct de paradigme, unele probleme care necesită o referire numai la structura comunităţii.

Probabil cea mai izbitoare dintre aceste probleme este ceea ce am numit mai înainte tranziţia de la perioada pre-

---

[6] **Eugene Garfield**, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science* (Philadelphia: Institute of Scientific Information, 1964); **M.M. Kessler**, „Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing", *American Documentation*, XVI (1965) 223—233; **D. J. Price**, „Networks of Scientific Papers", *Science*, CIL (1965), 510—515.

la cea postparadigmatică în dezvoltarea unei discipline ştiinţifice. Această tranziţie este cea conturată mai sus în secţiunea a II-a. Înainte ca tranziţia să aibă loc, un număr de şcoli luptă pentru dominaţie într-o disciplină dată. Apoi, în urma unei realizări ştiinţifice de seamă, numărul şcolilor este mult redus, de obicei la una, şi începe un mod mai eficient de practică ştiinţifică. Aceasta din urmă este esoterică şi orientată spre rezolvarea *puzzles*-urilor — aşa cum poate fi activitatea unui grup numai atunci cînd membrii săi consideră fundamentele disciplinei lor drept indiscutabile.

Natura tranziţiei spre maturitate merită o discuţie mai amplă decît a cunoscut-o în această carte, mai ales din partea celor preocupaţi de dezvoltarea ştiinţelor sociale contemporane. În această privinţă, poate fi de folos să subliniez că tranziţia nu necesită (acum cred că nu trebuie) să fie asociată cu prima achiziţie a unei paradigme. Membrii tuturor comunităţilor ştiinţifice, inclusiv şcolile „perioadei preparadigmatice", împărtăşesc categoriile de elemente pe care le-am subsumat împreună termenului de „paradigmă". Ceea ce se schimbă odată cu tranziţia spre maturitate nu este prezenţa unei paradigme, ci mai degrabă natura ei. Numai după schimbare devine posibilă cercetarea normală, rezolvatoare de *puzzles*. Multe din atributele unei ştiinţe dezvoltate, pe care le-am asociat mai sus cu achiziţia unei paradigme, le-aş discuta deci acum ca fiind consecinţe ale achiziţiei tipului de paradigmă care identifică principalele *puzzles*, care oferă chei ale rezolvării lor şi care garantează că profesionistul într-adevăr ingenios va reuşi să le rezolve. Numai cei care au prins curaj, observînd că disciplina (sau şcoala) lor dispune de paradigme, au şanse să-şi dea seama că ceva important este sacrificat prin schimbare.

O a doua chestiune, mai importantă cel puţin pentru istorici, priveşte identificarea univocă a comunităţilor ştiinţifice cu teme ştiinţifice — aşa cum rezultă implicit din această carte. Cu alte cuvinte, m-am exprimat de multe ori ca şi cum „optica", „electricitatea" şi „căldura", de pildă, trebuie să numească comunităţi ştiinţifice întrucît numesc teme de cercetare. Singura alternativă pe care textul meu pare să o fi admis este că toate aceste teme au aparţinut comunităţii fizicii. Identificările de acest gen nu vor rezista însă, de obicei, unui examen atent — aşa cum au

subliniat în repetate rînduri colegii mei istorici. Nu exista, de exemplu, nici o comunitate a fizicii înainte de jumătatea secolului al nouăsprezecelea, iar atunci ea s-a format prin fuziunea părţilor unor comunităţi anterior separate: matematica şi filozofia naturală (*physique expérimentale*). Ceea ce este astăzi temă de cercetare pentru o singură dar largă comunitate fusese în trecut variat distribuit între diverse comunităţi. Alte teme mai înguste, de exemplu căldura şi teoria materiei, au existat vreme îndelungată fără a deveni o sferă de preocupări speciale ale vreunei singure comunităţi ştiinţifice. Atît ştiinţa normală cît şi revoluţiile sînt însă activităţi dependente de o comunitate. Pentru a le descoperi şi analiza, trebuie mai întîi descifrată schimbarea în timp a structurii comunităţii ştiinţifice. O paradigmă guvernează în primă instanţă nu o temă de cercetare ci mai degrabă un grup de practicieni. Orice studiu al cercetării ghidate-de-paradigmă sau care-zdrunciná-o-paradigmă trebuie să înceapă prin a localiza grupul sau grupurile responsabile.

Cînd analiza dezvoltării ştiinţifice este astfel abordată, cîteva dificultăţi ce făcuseră obiectul unor critici au şanse să dispară. Unii comentatori au folosit, de pildă, teoria materiei pentru a arăta că am exagerat vorbind de unanimitatea oamenilor de ştiinţă în fidelitatea lor faţă de o paradigmă. Pînă relativ recent, subliniază ei, acele teorii au fost subiect de permanente dezacorduri şi controverse. Sînt de acord cu această apreciere dar nu cred că este un contraexemplu. Teoriile materiei nu au fost, cel puţin pînă în jurul anului 1920, domeniu special sau temă de cercetare pentru vreo comunitate ştiinţifică. Mai degrabă, ele erau instrumente pentru un număr mare de grupuri de specialişti. Membrii diferitelor comunităţi alegeau uneori instrumente diferite şi criticau alegerea făcută de alţii. Mai important, încă, este faptul că o teorie a materiei nu este genul de subiect asupra căruia trebuie neapărat să fie de acord chiar membrii unei singure comunităţi. Necesitatea acordului depinde de ceea ce constituie preocuparea comunităţii. Chimia din prima jumătate a secolului al nouăsprezecelea oferă un exemplu în această privinţă. Deşi mai multe din instrumentele fundamentale ale comunităţii — proporţia constantă, proporţia multiplă şi greutăţile care se combină — deveniseră un bun comun în urma teoriei atomice a lui Dalton, chimiştii puteau şi

după aceea să-şi bazeze cercetările pe aceste instrumente şi să fie în dezacord, uneori vehement, asupra existenţei atomilor.

Cred că şi alte dificultăţi şi neînţelegeri vor dispare în acelaşi fel. Pe de o parte, datorită exemplelor pe care le-am ales, iar pe de alta, datorită ambiguităţii mele în ceea ce priveşte natura şi mărimea comunităţilor, unii cititori ai acestei cărţi au conchis că preocuparea mea vizează în primul rînd sau exclusiv revoluţii majore, ca acelea legate de numele lui Copernic, Newton, Darwin sau Einstein. O precizare mai clară a structurii comunităţii va contribui însă la întărirea unei impresii, oarecum diferite, pe care am încercat s-o creez. O revoluţie *este*, pentru mine, un tip deosebit de schimbare ce implică un anumit fel de reconstrucţie a opţiunilor de grup. Dar nu trebuie neapărat să fie o schimbare majoră şi nici nu trebuie să pară revoluţionară celor din afara unei singure comunităţi, compuse poate din mai puţin de douăzecişicinci de oameni. Tocmai pentru că acest tip de schimbare, puţin recunoscut sau discutat în literatura de filozofie a ştiinţei, apare atît de regulat la aceste dimensiuni mai reduse, schimbarea revoluţionară, spre deosebire de cea cumulativă, are atîta nevoie de a fi înţeleasă.

O ultimă modificare, strîns legată de cea precedentă, poate înlesni înţelegerea. Un număr de critici s-au îndoit dacă criza, adică conştiinţa comună că ceva nu este în regulă, precede revoluţiile într-atît de invariabil pe cît lăsam să se înţeleagă în textul meu original. Nimic important din argumentul meu nu depinde însă de faptul că crizele sînt o condiţie absolută a revoluţiilor; ele trebuie să fie numai preludiul obişnuit, oferind un mecanism de autocorectare care asigură ca rigiditatea ştiinţei normale să nu rămînă pentru totdeauna necontestată. Revoluţiile se pot produce şi pe alte căi, deşi cred că aceasta se întîmplă foarte rar. În plus, aş sublinia acum ceea ce nu a reieşit clar mai sus din lipsa unei discuţii adecvate asupra structurii comunităţii ştiinţifice: şi anume, că crizele nu trebuie să fie neapărat generate de cercetările comunităţii care le resimte şi care uneori trece printr-o revoluţie ca urmare a lor. Noi instrumente ca microscopul electronic sau noi legi ca acelea ale lui Maxwell se pot dezvolta într-o anumită specialitate, dar asimilarea lor poate da loc la o criză într-o altă specialitate.

## 2. Paradigmele ca o constelație a angajamentelor de grup

Să ne întoarcem acum la paradigme și să ne întrebăm ce ar putea fi ele. Aceasta este problema cea mai importantă, dar și cea mai puțin clarificată în textul meu original. Un cititor binevoitor, care împărtășește convingerea mea că „paradigma" numește elementele filozofice centrale ale cărții, a pregătit un indice parțial analitic și a conchis că termenul este folosit în cel puțin douăzeci și două de sensuri diferite [7]. Acum cred că cele mai multe din acele diferențe se datorează unor inconsecvențe stilistice (de exemplu, legile lui Newton constituie uneori o paradigmă, alteori părți ale unei paradigme, iar uneori elemente paradigmatice) și că ele pot fi eliminate relativ ușor. Dar, după efectuarea acestei munci editoriale, rămîn două utilizări foarte diferite ale termenului, care se cer distinse. Utilizarea mai globală va fi discutată în această subsecțiune; cealaltă va fi considerată în următoarea.

După ce a izolat o comunitate particulară de specialiști prin metode ca acelea discutate anterior, cineva se poate întreba: ce au în comun membrii ei care să dea seama de relativa deplinătate a comunicării lor profesionale și de relativa unanimitate a judecăților lor profesionale? La această întrebare textul meu original permite următorul răspuns: o paradigmă sau o mulțime de paradigme. Dar pentru acest sens, spre deosebire de cel care va fi discutat mai jos, termenul este necorespunzător. Oamenii de știință înșiși ar spune că împărtășesc o teorie sau o mulțime de teorii și voi fi bucuros dacă termenul poate fi recuperat, pînă la urmă, pentru această întrebuințare. Totuși, așa cum este curent folosită în filozofia științei, „teoria" se referă la o structură mult mai limitată ca natură și domeniu de aplicație decît cea necesară aici. Pînă cînd termenul va putea fi eliberat de implicațiile sale curente, confuzia poate fi evitată adoptînd altul. Pentru ceea ce ne interesează aici propun termenul de „matrice disciplinară": „disciplinară" întrucît se referă la posesiunea comună a practicienilor unei anumite discipline; „matrice" întrucît este compusă din elemente de diferite feluri, ordonate, fiecare necesitînd o specificare ulterioară. Toate

[7] Masterman, *op. cit.*

sau cele mai multe din obiectele supuse angajamentelor de grup și pe care textul meu original le considera paradigme, părți de paradigme sau paradigmatice sînt acum constituenți ai matricii disciplinare și, ca atare, formează un întreg și funcționează împreună. Ele nu mai pot fi însă discutate ca și cum ar fi toate la fel. Nu voi încerca aici să alcătuiesc o listă exhaustivă, dar semnalarea principalelor tipuri de componente ale unei matrice disciplinare va clarifica natura abordării mele actuale și totodată va pregăti terenul pentru următorul argument principal.

O clasă importantă de componente le voi numi uneori „generalizări simbolice", avînd în vedere acele expresii, folosite fără probleme sau dezacorduri de membrii grupului, care pot fi lesne redate într-o formă logică ca $(x)$ $(y)$ $(z)\varphi(x, y, z)$. Ele sînt componente formale sau lesne formalizabile ale matricii disciplinare. Uneori, ele se află deja în formă simbolică: $f = ma$ sau $I = V/R$. Altele sînt de obicei exprimate în cuvinte: „elementele se combină în proporție constantă cu greutatea" sau „acțiunea este egală cu reacțiunea". Dacă asemenea expresii nu ar fi general acceptate, nu ar exista nici un fel de repere cărora membrii grupului să le poată asocia tehnicile puternice de manipulare logică și matematică, în efortul lor de a rezolva *puzzles*. Deși exemplul taxonomiei arată că știința normală poate funcționa cu puține asemenea expresii, puterea unei științe pare în general să crească odată cu numărul generalizărilor simbolice de care dispun practicienii ei.

Aceste generalizări seamănă cu legi ale naturii, dar funcția lor pentru membrii grupului nu este adesea numai aceasta. Uneori, totuși este: de exemplu, legea Joule-Lenz, $H = RI^2$. Cînd această lege a fost descoperită, membrii comunității știau deja ce însemnau $H$, $R$ și $I$ și aceste generalizări le spuneau într-un mod simplu ceva ce nu au știut înainte despre comportamentul căldurii, curentului și rezistenței. Dar mai frecvent, așa cum indica discuția anterioară din carte, generalizările simbolice îndeplinesc în același timp o a doua funcție — o funcție care este strict separată, în analizele lor, de către filozofii științei. Ca și $f = ma$ sau $I = V/R$, ele funcționează în parte ca legi dar, în parte, și ca definiții ale unora dintre simbolurile pe care le folosesc. Dealtfel, echilibrul dintre inseparabila lor forță legislatoare și definițională se schimbă

în timp. Într-un alt context, aceste idei ar merita o analiză detaliată, căci natura angajării față de o lege este foarte diferită de cea a angajării față de o definiție. Legile pot fi adesea corectate, element cu element, spre deosebire de definiții care, fiind tautologii, nu pot fi astfel corectate. De pildă, o parte din ceea ce implica acceptarea legii lui Ohm era o redefinire atît a „curentului" cît și a „rezistenței"; dacă acei termeni continuau să însemne ceea ce însemnau înainte, legea lui Ohm nu mai putea fi corectă; iată de ce i s-a opus atîta rezistență — ceea ce nu s-a întîmplat, de pildă, cu legea lui Joule-Lenz [8]. Probabil că această situație este tipică. Bănuiesc acum că toate revoluțiile implică, printre altele, abandonarea unor generalizări a căror forță fusese anterior și într-o oarecare măsură asemănătoare celei a tautologiilor. A arătat oare Einstein că simultaneitatea era relativă sau a modificat însăși noțiunea de simultaneitate? Greșeau pur și simplu cei care vedeau un paradox în expresia „relativitatea simultaneității"?

Să considerăm acum un al doilea tip de componente ale matricii disciplinare despre care au fost spuse multe lucruri în textul meu original la rubrici ca „paradigme metafizice" sau „părți metafizice ale paradigmelor". Am în vedere opțiuni comune pentru idei cum sînt: căldura este energia cinetică a părților constitutive ale corpurilor; toate fenomenele perceptibile se datorează interacțiunii din vid a atomilor calitativ neutri sau, alternativ, materiei și forței sau cîmpurilor. Rescriind acum cartea, aș caracteriza aceste opțiuni drept încredere în anumite modele și aș extinde modelele din această categorie spre a include de asemenea o varietate de modele relativ euristice: circuitul electric poate fi privit ca un sistem hidrodinamic staționar; moleculele unui gaz se comportă ca niște minuscule mingi elastice de biliard aflate în mișcare aleatoare. Deși forța opțiunilor de grup variază, cu consecințe importante, de la modele euristice la cele ontologice de-a lungul unui întreg spectru, toate modelele au funcții similare. Printre altele, ele oferă

[8] Pentru părți semnificative ale acestui episod, a se vedea **T. M. Brown**, „The Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics", *Historical Studies in the Physical Sciences*, I (1969), 61—103 și **Morton Schagrin**, „Resistance to Ohm's Law", *American Journal of Physics*, XXI (1963), 536—547.

grupului analogii şi metafore preferate sau admisibile. În acest fel, ele pot determina ceea ce va fi acceptat ca explicaţie sau soluţie a unor *puzzles*; reciproc, ele contribuie la determinarea listei de *puzzles* nerezolvate şi la evaluarea importanţei fiecăruia. De notat, însă, că membrii comunităţilor ştiinţifice pot să nu împărtăşească nici măcar modelele euristice, deşi de obicei le împărtăşesc. Am arătat deja că apartenenţa la comunitatea chimiştilor din prima jumătate a secolului al nouăsprezecelea nu implica convingerea în existenţa atomilor.

Un al treilea tip de element din matricea disciplinară îl voi caracteriza aici drept valori. De obicei, acestea sînt mai larg împărtăşite de diferite comunităţi decît generalizările simbolice sau modelele, oferind astfel un sentiment de comunitate oamenilor de ştiinţă în ansamblu. Deşi funcţionează în toate timpurile, importanţa deosebită a valorilor reiese atunci cînd membrii unei anumite comunităţi trebuie să identifice o criză sau, mai tîrziu, să aleagă între moduri incompatibile de a-şi practica disciplina. Probabil cele mai profunde valori privesc predicţiile: acestea trebuie să fie precise; predicţiile cantitative sînt preferabile celor calitative; oricare ar fi marja erorilor tolerabile, ele trebuie să fie consistent satisfăcute într-un anumit domeniu; şi aşa mai departe. Există de asemenea valori folosite în evaluarea unor întregi teorii: ele trebuie, mai întîi de toate, să permită formularea şi rezolvarea *puzzles*-urilor; acolo unde este posibil, ele trebuie să fie simple, consistente şi plauzibile, adică compatibile cu alte teorii folosite în mod curent. (Cred acum că o slăbiciune a textului meu original constă în aceea că a acordat atît de puţină atenţie unor valori cum sînt consistenţa internă şi externă, în considerarea izvoarelor crizei şi a factorilor ce determină alegerea teoriei.) Există şi alte feluri de valori — de pildă, ştiinţa este obligată (sau nu) să fie social utilă —, dar cele spuse mai înainte pot indica ceea ce am în vedere.

Există totuşi un aspect al valorilor comune care cere o menţiune specială. Într-o măsură mai mare decît alte tipuri de componente ale matricii disciplinare, valorile pot fi împărtăşite de oameni care diferă în felul în care le aplică. Judecăţile asupra preciziei sînt relativ stabile de la o perioadă la alta şi de la un membru al unui grup particular la altul. Dar judecăţile asupra simplităţii,

consistenței, plauzibilității etc. diferă adesea considerabil de la individ la individ. Ceea ce fusese pentru Einstein o inconsistență de nesuportat în vechea teorie cuantică și care făcea pentru el imposibilă realizarea științei normale, a fost pentru Bohr și alții o dificultate pe care puteai să te aștepți să fie rezolvată cu mijloace normale. Mai important este însă faptul că, în acele situații în care valorile trebuie aplicate, diferite valori luate separat vor dicta adeseori alegeri diferite. O teorie poate fi mai precisă dar mai puțin consistentă sau plauzibilă decît alta; din nou vechea teorie cuantică oferă un exemplu. Pe scurt, deși valorile sînt larg împărtășite de oamenii de știință și deși angajarea față de ele este nu numai profundă dar și constitutivă științei înseși, aplicarea valorilor este uneori considerabil afectată de trăsăturile personalității și de biografiile individuale care îi diferențiază pe membrii grupului.

Multor cititori li s-a părut că această caracterizare a funcționării valorilor comune este o slăbiciune majoră a poziției mele. Din cauză că stărui să afirm că ceea ce au în comun oamenii de știință nu este suficient pentru a produce un asentiment unanim asupra unor chestiuni ca alegerea între teorii rivale sau distincția între o anomalie obișnuită și una generatoare de criză, am fost uneori acuzat că elogiez subiectivitatea și chiar iraționalitatea [9]. Dar această reacție ignoră două caracteristici evidențiate de judecățile de valoare din orice domeniu. În primul rînd, valorile comune pot fi determinanți importanți ai comportamentului de grup chiar dacă membrii grupului nu le aplică în același fel. (Dacă lucrurile nu ar sta astfel, nu ar exista nici o problemă filozofică *specială* privind teoria valorilor sau estetica.) Oamenii nu pictau toți la fel în timpul perioadelor cînd reprezentarea era valoarea primordială, dar modul de dezvoltare al artelor plastice s-a schimbat în mod brusc cînd această valoare a fost abandonată [10]. Să ne imaginăm ce s-ar întîmpla în știință dacă consistența ar înceta să mai fie o valoare primordială.

---

[9] A se vedea mai ales: **Dudley Shapere**, „Meaning and Scientific Change" în *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), 41—85; **Israel Scheffler**, *Science and Subjectivity* (New York, 1967); și eseurile lui **Sir Karl Popper** și **Imre Lakatos** în *Growth of Knowledge*.

[10] Vezi începutul secțiunii a XIII-a.

În al doilea rînd, variabilitatea individuală în aplicarea valorilor comune poate îndeplini funcţii esenţiale pentru ştiinţă. Momentele în care valorile trebuie aplicate sînt invariabil şi cele în care trebuie asumate riscuri. Cele mai multe anomalii sînt rezolvate prin mijloace normale; cele mai multe propuneri de noi teorii se dovedesc greşite. Dacă toţi membrii unei comunităţi ar lua fiecare anomalie drept o sursă de criză sau dacă ar îmbrăţişa fiecare nouă teorie propusă de un coleg, ştiinţa ar înceta să mai existe. Dacă, pe de altă parte, nimeni nu ar reacţiona la anomalii sau la teoriile noi pe căi care implică riscuri mari, nu ar mai exista decît puţine sau nici un fel de revoluţii. În asemenea chestiuni, mai curînd recursul la valori comune decît la regulile comune care guvernează alegerea individuală poate reprezenta modul în care comunitatea ştiinţifică îşi distribuie riscurile şi îşi asigură succesul pe termen lung.

Să ne oprim acum asupra unui al patrulea tip de element din matricea disciplinară, ultimul despre care voi vorbi aici, deşi mai sînt şi altele. În acest caz, termenul de „paradigmă" ar fi întru totul corespunzător, atît filologic cît şi autobiografic; componentul de opţiuni comune ale unui grup m-a determinat prima dată să aleg acest cuvînt. Pentru că termenul şi-a dobîndit o viaţă proprie, îl voi înlocui aci cu cel de „exemplaritate"*. Prin el înţeleg, iniţial, soluţiile concrete la problemele pe care studenţii le întîlnesc de la începutul educaţiei lor ştiinţifice — în laboratoare, la examene sau la sfîrşitul capitolelor de manuale. La aceste exemple comune trebuie însă adăugate cel puţin unele din soluţiile problemelor tehnice în literatura periodică pe care oamenii de ştiinţă o consultă în cursul carierei lor de cercetare posteducaţională şi care, de asemenea, le arată, prin exemple, cum trebuie să-şi facă meseria. Mai mult decît alte feluri de componente ale matricii disciplinare, diferenţele dintre mulţimile de exemplarităţi redau structura fină a comunităţii ştiinţei. Toţi fizicienii, de exemplu, încep prin a învăţa aceleaşi exemplarităţi: probleme cum ar fi planul înclinat, pendulul conic şi

* Înţelesul termenului „exemplar", introdus de Kuhn, ar putea fi redat în limba română prin „rezolvare exemplară în probleme concrete" sau „exemplu tipic (standard) de rezolvare de probleme". Pentru concizie, în traducerea de faţă au fost adoptate drept corespondenţi în română expresiile „exemplaritate", „caz exemplar". şi „exemplu comun".

orbitele lui Kepler; instrumente cum ar fi calorimetrul, vernierul sau puntea Wheatstone. Pe măsură ce pregătirea lor avansează, generalizările simbolice pe care le împărtăşesc sînt însă tot mai mult ilustrate de exemplarităţi diferite. Deşi atît fizicienii corpului solid cît şi cei ai teoriei cîmpului împărtăşesc ecuaţia lui Schrödinger, numai aplicaţiile mai elementare sînt comune ambelor grupuri.

### 3. Paradigmele ca exemple comune

Paradigma ca exemplu comun este elementul central a ceea ce consider acum drept aspectul cel mai nou şi mai puţin înţeles al acestei cărţi. Exemplarităţile vor cere deci mai multă atenţie decît celelalte tipuri de componente ale matricii disciplinare. Filozofii ştiinţei nu au discutat de obicei probleme întîlnite de un student în laboratoare sau în manuale, deoarece se crede că acestea constituie numai aplicarea practică a ceea ce studentul ştie deja. Se spune că el nu poate rezolva de loc probleme pînă cînd nu a învăţat mai întîi teoria şi unele reguli de a o aplica. Cunoaşterea ştiinţifică este încorporată în teorie şi reguli; problemele sînt date pentru a facilita aplicarea lor. Am încercat să argumentez, însă, că această localizare a conţinutului cognitiv al ştiinţei este greşită. După ce studentul a rezolvat multe probleme, el nu poate cîştiga decît dexteritate pentru a rezolva mai multe. Dar la început şi cîtăva vreme după aceea, a face probleme înseamnă a învăţa lucruri importante despre natură. În absenţa unor asemenea exemplarităţi, legile şi teoriile pe care studentul le-a învăţat înainte vor avea un conţinut empiric redus.

Pentru a explicita ce am în vedere, voi reveni puţin la generalizările simbolice. Un exemplu foarte comun este a a doua lege newtoniană a mişcării, scrisă în general sub forma $f = ma$. Sociologul, să zicem, sau lingvistul care descoperă că expresia corespunzătoare este rostită şi recepţionată, fără probleme, de către membrii unei comunităţi date nu va fi aflat prea mult, fără o serioasă investigaţie suplimentară, despre ceea ce înseamnă expresia sau termenii ei, despre modul în care oamenii de ştiinţă asociază expresia respectivă naturii. Într-adevăr, faptul că ei o acceptă fără discuţie şi o folosesc ca un moment

prin care sînt introduse operaţii logice şi matematice nu implică de la sine că ei sînt de acord asupra unor chestiuni cum ar fi semnificaţia şi aplicaţiile ei. Firește, ei sînt de acord într-o mare măsură, ceea ce ar reieşi curînd din discuţiile lor ulterioare. Dar cineva se poate întreba în ce moment şi prin ce mijloace ajung ei să cadă de acord. Cum au învăţat ei, în faţa unei situaţii experimentale date, să aleagă forţele, masele şi acceleraţiile relevante?

În practică, ceea ce studenţii trebuie să înveţe este chiar mai complicat, deşi acest aspect al situaţiei nu este decît rar sau niciodată observat. Nu este adevărat că operaţiile logice şi matematice se aplică direct la expresia $f = ma$. Examinată mai atent, această expresie se dovedeşte a fi schema unei legi. Pe măsură ce studentul sau omul de ştiinţă trece de la o situaţie problematică la alta, generalizarea simbolică la care se aplică operaţiile respective se schimbă. Pentru căderea liberă, $f = ma$ devine $mg = m\frac{d^2s}{dt^2}$; pentru pendulul simplu, se transformă în $mg \sin \theta = -ml\frac{d^2\theta}{dt^2}$; pentru o pereche de oscilatori armonici în interacţiune se transformă în două ecuaţii, dintre care prima poate fi scrisă ca $m_1\frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d)$; iar pentru situaţii mai complexe, cum ar fi giroscopul, ia alte forme a căror similitudine cu $f = ma$ este tot mai greu de descoperit. Totuşi, învăţînd să identifice forţe, mase şi acceleraţii într-o varietate de situaţii fizice neîntîlnite pînă atunci, studentul a învăţat de asemenea să conceapă versiunea corespunzătoare a lui $f = ma$ prin care să le coreleze — adeseori, o versiune pentru care nu întîlnise înainte nici un echivalent literal. Cum a învăţat să facă acest lucru?

Aici ne poate fi de folos un fenomen familiar atît studenţilor în ştiinţe cît şi istoricilor ştiinţei. Cei dintîi relatează regulat că au citit un capitol din manual, l-au înţeles perfect dar că, totuşi, au avut greutăţi în a rezolva unele din problemele de la sfîrşitul capitolului. De obicei greutăţile dispar în acelaşi fel. Cu sau fără ajutorul asistentului, studentul descoperă un mod de a vedea problema ca fiind *asemănătoare* unei probleme deja întîlnite. Văzînd asemănarea şi înţelegînd analogia dintre două sau mai multe probleme distincte, el poate corela simboluri şi le

poate atribui naturii pe căi ce s-au dovedit eficace înainte. Schema legii, să zicem $f = ma$, a funcționat ca un instrument, informîndu-l pe student ce similarități să caute, semnalîndu-i *gestalt*-ul în termenii căruia trebuie văzută situația. Capacitatea ce rezulta de aici, de a vedea o varietate de situații ca fiind asemănătoare, ca subiecte pentru $f = ma$ sau pentru alte generalizări simbolice, este, după părerea mea, principalul lucru pe care îl dobîndește un student rezolvînd probleme-exemplare, fie cu creionul și hîrtia, fie în laborator. După ce a rezolvat un anumit număr de probleme, care poate varia foarte mult de la un individ la altul, el concepe situațiile cu care este confruntat ca om de știință aflat sub influența aceluiași *gestalt* ca și ceilalți membri ai grupului său profesional. Pentru el, acestea nu mai sînt aceleași situații pe care le întîlnise la începutul pregătirii sale. Între timp, el a asimilat un mod de a vedea lucrurile, verificat în timp și autorizat de grupul său.

Rolul relațiilor de similaritate învățate se manifestă de asemenea clar în istoria științei. Oamenii de știință rezolvă *puzzles* modelîndu-le după soluțiile unora anterioare, adesea recurgînd extrem de puțin la generalizări simbolice. Galilei a descoperit că o bilă care se rostogolește în jos pe un plan înclinat cîștigă destulă viteză pentru a se întoarce la aceeași înălțime verticală pe un al doilea plan înclinat, oricare ar fi panta sa; el a învățat să vadă această situație experimentală ca asemănătoare pendulului cu un punct material în locul greutății de la capătul firului. Huyghens a rezolvat apoi problema centrului de oscilație a pendulului fizic, imaginîndu-și că întregul corp al acestuia din urmă era compus din pendule simple de tipul celor ale lui Galilei, legăturile dintre ele putînd fi instantaneu desfăcute în orice punct al oscilației. După ce legăturile au fost desfăcute, pendulele simple individuale vor oscila liber, dar centrul lor colectiv de greutate, cînd fiecare atinge punctul cel mai înalt, se va ridica, asemeni pendulului lui Galilei, numai la înălțimea de la care centrul de greutate al pendulului fizic a început să cadă. În sfîrșit, Daniel Bernoulli a descoperit modul în care debitul de apă printr-un orificiu poate fi făcut să semene cu pendulul lui Huyghens. Să determinăm mai întîi coborîrea centrului de greutate al apei dintr-un

rezervor și din jetul format într-un interval infinitesimal de timp. Să ne imaginăm că fiecare particulă de apă se mișcă apoi în sus pînă la înălțimea maximă pe care o poate atinge cu viteza cîștigată în acel interval. Ridicarea centrului de greutate al particulelor individuale trebuie atunci să fie egală cu coborîrea centrului de greutate al apei din rezervor. Din această concepere a problemei a reieșit imediat atît de mult căutata viteză de curgere [11].

Exemplul dat ar trebui să înceapă să clarifice ce înțeleg prin a învăța din probleme să vezi situații ca fiind asemănătoare, ca puncte de aplicare ale aceleiași legi sau scheme de legi științifice. În același timp, exemplul ar trebui să demonstreze de ce mă refer la cunoașterea indirectă a naturii dobîndită în cursul învățării relației de similaritate și apoi încorporată mai degrabă într-un mod de a concepe situațiile fizice, decît în reguli și legi. Cele trei probleme din exemplu, tipice pentru fizicienii secolului al optsprezecelea, au în vedere numai o singură lege a naturii. Cunoscută ca principiul *vis viva*, ea este de obicei formulată astfel: „Coborîrea reală este egală cu urcarea potențială". Aplicarea legii de către Bernoulli ar trebui să sugereze bogăția ei în consecințe. Totuși, enunțul verbal al legii, luat în sine, este virtual neputincios. Prezentați-l unui student în fizică; el cunoaște cuvintele și poate rezolva toate aceste probleme, dar folosește astăzi mijloace diferite. Apoi imaginați-vă ceea ce ar putea spune cuvintele (deși toate bine cunoscute) unui om care nu cunoaște nici măcar problemele. Pentru el, generalizarea poate începe să funcționeze numai atunci cînd a învățat să recunoască „coborîrile reale" și „urcările potențiale" ca ingredienți ai naturii și aceasta înseamnă a învăța ceva, anterior legii, despre situațiile pe care natura le dezvăluie sau nu. Acest gen de învățare nu se obține exclusiv pe căi verbale, ci mai degrabă survine pe măsură ce cuvintele sînt învățate împreună cu exemplele concrete privind modul în care ele

---

[11] Pentru exemplificare, vezi **René Dugas**, *A History of Mechanics*, trad. J. R. Maddox (Neuchâtel, 1955), pp. 135—136, 186—193 și **Daniel Bernoulli**, *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum* (Strasbourg, 1738), Sec. III. În legătură cu gradul în care a progresat mecanica în cursul primei jumătăți a secolului al optsprezecelea, modelînd soluțiile unor probleme după altele, vezi **Clifford Truesdell** „Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Errorl, and Failure in Newton's *Principia*", *Texas Quarterly*, X (1967), 238—258.

funcționează; natura și cuvintele sînt învățate împreună. Pentru a mai împrumuta o dată reușita expresie a lui Michael Polanyi, ceea ce rezultă din acest proces este o „cunoaștere tacită", care este învățată mai curînd practicînd știința decît dobîndind reguli pentru a o practica.

## 4. Cunoaștere tacită și intuiție

Referirea la cunoașterea tacită și respingerea concomitentă a regulilor evidențiază o altă problemă care i-a iritat pe mulți dintre criticii mei și care părea să justifice acuzațiile de subiectivitate și iraționalitate. Unii cititori au avut senzația că încercam să întemeiez știința pe intuiții individuale neanalizabile, mai degrabă decît pe logică și lege. Dar această interpretare greșește în două privințe esențiale. În primul rînd, dacă am vorbit vreodată despre intuiții, acestea nu erau individuale. Mai degrabă, ele sînt bunurile comune și verificate ale membrilor unui grup încununat de succes, iar novicele le deprinde prin învățare, ca parte a pregătirii sale pentru a intra în acel grup. În al doilea rînd, ele nu sînt în principiu neanalizabile. Dimpotrivă, sînt în curs de a experimenta un program de calculator menit să investigheze proprietățile lor la un nivel elementar.

Despre acest program nu voi avea nimic de spus aici [12], dar chiar menționarea lui ar putea să fie un argument esențial al meu. Cînd vorbesc de cunoaștere încorporată în exemplarități comune, nu mă refer la un mod de cunoaștere mai puțin sistematic sau mai puțin analizabil decît cunoașterea încorporată în reguli, legi sau criterii de identificare. În schimb, am în vedere o manieră de cunoaștere care este deformată dacă o reconstruim în termeni de reguli mai întîi abstrase din exemplarități și apoi funcționînd în locul acestora. Sau, formulînd altfel aceeași idee, cînd vorbesc despre dobîndirea, pe baza exemplarităților, a capacității de a recunoaște o situație dată ca similară cu unele și diferită de altele văzute înainte, nu subînțeleg un proces care, potențial nu ar fi pe deplin explicabil în termenii mecanismelor neuro-cerebrale. În schimb, susțin că

[12] Unele informații asupra acestui subiect pot fi găsite în „Second Thoughts".

explicația, prin natura sa, nu va răspunde la întrebarea: „Similar în raport cu ce?" Această întrebare solicită o regulă, sau, în acest caz, criterii pe baza cărora situații particulare sînt grupate în mulțimi similare; eu argumentez că, în acest caz, trebuie să rezistăm tentației de a căuta criterii (sau cel puțin o mulțime completă de criterii). Mă opun însă nu unui sistem, ci unui tip particular de sistem.

Pentru a da substanță acestui argument, va trebui să fac o scurtă digresiune. Ceea ce urmează mi se pare acum evident, deși recurgerea permanentă, în textul original, la expresii ca „lumea se schimbă" arată că lucrurile nu au stat astfel întotdeauna. Dacă doi oameni stau în același loc și privesc în aceeași direcție trebuie, pentru a nu cădea în solipsism, să conchidem că ei recepționează stimuli aproape similari. (Dacă amîndoi și-ar putea îndrepta privirea în același loc, stimulii ar fi identici.) Dar oamenii nu văd stimuli; modul în care cunoaștem stimulii este foarte teoretic și abstract. În schimb, oamenii au senzații și nu sîntem de loc obligați să presupunem că senzațiile celor doi privitori sînt aceleași. (Scepticii și-ar putea aminti că fenomenul pe care îl numim astăzi daltonism nu a fost nicăieri observat înainte ca John Dalton să-l fi descris, în 1794.) Dimpotrivă, numeroase procese nervoase au loc între recepționarea unui stimul și conștientizarea unei senzații. Printre puținele lucruri pe care le știm cu siguranță notăm că stimuli foarte diferiți pot produce aceleași senzații, că același stimul poate produce senzații foarte diferite și, în sfîrșit, că drumul de la stimul la senzație este în parte condiționat de educație. Indivizi crescuți în societăți diferite se comportă în unele ocazii ca și cum ar vedea lucruri diferite. Dacă nu am fi tentați să identificăm univoc stimulii cu senzațiile, am putea admite că indivizii respectivi văd într-adevăr lucruri diferite.

Să observăm acum că două grupuri, ai căror membri au în mod sistematic senzații diferite la primirea acelorași stimuli, trăiesc *într-un sens* în lumi diferite. Postulăm existența stimulilor pentru a explica percepțiile noastre asupra lumii și postulăm invariabilitatea lor pentru a evita solipsismul atît individual cît și social. Nu am nici cea mai mică rezervă în legătură cu vreunul din aceste postulate. Dar lumea noastră este populată, în primă instanță, nu de stimuli, ci de obiectele senzațiilor noastre, și acestea pot să fie diferite de la individ la individ sau de la grup la grup.

În măsura în care, firește, indivizii aparțin aceluiași grup și împărtășesc astfel o educație, un limbaj, o experiență și o cultură, avem toate motivele să presupunem că senzațiile lor sînt aceleași. Cum am putea altfel înțelege deplinătatea comunicării lor și aspectele comune ale reacțiilor lor comportamentale la mediu? Ei trebuie să vadă lucruri și să prelucreze stimuli în aproape același fel. Dar acolo unde începe diferențierea și specializarea grupurilor, nu mai avem dovezi similare cu privire la invariabilitatea senzațiilor. Bănuiesc că numai parohialismul (spiritul îngust de cerc) ne face să presupunem că drumul de la stimuli la senzații este același pentru membrii tuturor grupurilor.

Reîntorcîndu-ne acum la exemplarități și reguli, ceea ce am vrut să sugerez, chiar într-o formă preliminară, este următorul lucru. Una din metodele fundamentale prin care membrii unui grup (fie o întreagă cultură fie o subcomunitate de specialiști din cadrul ei) învață să vadă aceleași lucruri cînd sînt confruntați cu aceiași stimuli este de a li se arăta exemple de situații pe care predecesorii lor din grup învățaseră deja să le vadă ca asemănătoare între ele și diferite de alte feluri de situații. Aceste situații similare pot fi prezentări senzoriale succesive ale aceluiași individ — să zicem, ale mamei, care în cele din urmă este recunoscută vizual ca ceea ce este și ca diferită de tată sau soră. Ele pot fi de asemenea prezentări ale membrilor familiilor naturale, de pildă, ale lebedelor, pe de o parte, și ale gîștelor, pe de alta. Sau, pentru membrii unor grupuri mai specializate, ele pot fi exemple ale situațiilor newtoniene, adică ale situațiilor care sînt asemănătoare prin aceea că se supun unei versiuni a formei simbolice $f=ma$ și care sînt diferite de acele situații cărora li se aplică, de exemplu, formulele legilor opticii.

Să admitem deocamdată că lucrurile stau astfel. Ar trebui oare să spunem că ceea ce a fost dobîndit pe baza exemplarităților sînt reguli și capacitatea de a le aplica? Această interpretare este tentantă deoarece modul nostru de a vedea o situație asemenea altora pe care le-am întîlnit înainte trebuie să fie rezultatul proceselor nervoase guvernate întru totul de legi fizice și chimice. În acest sens, odată ce am învățat-o, recunoașterea similarității trebuie să fie sistematică, la fel ca și bătaia inimilor noastre. Dar însăși această paralelă sugerează că recunoașterea

poate fi de asemenea involuntară, un proces asupra căruia nu avem nici un control. Dacă așa este, atunci nu îl putem concepe ca un proces pe care îl dirijăm aplicînd reguli și criterii. A vorbi despre el în acești termeni lasă să se înțeleagă că avem acces la alternative, că am putea, de pildă, să încălcăm o regulă sau să aplicăm greșit un criteriu sau să experimentăm un alt mod de a vedea[13]. Adică, cred eu, tocmai lucrurile pe care nu le putem face.

Sau, mai precis, sînt lucruri pe care nu le putem face decît după ce am avut o senzație și am perceput ceva. Atunci, căutăm adesea criterii și le punem în aplicare. Atunci ne putem angaja în interpretare, un proces deliberat prin care alegem între alternative, ceea ce nu putem face în percepția însăși. Poate, de pildă, este ceva ciudat în legătură cu ceea ce am văzut (să ne amintim cărțile de joc anormale). Cotind la o intersecție, o vedem pe mama intrînd într-un magazin din centru la o oră cînd o credeam acasă. Reflectînd la ceea ce am văzut, exclamăm deodată: „Nu era mama, căci ea are păr roșu!" Intrînd în magazin vedem din nou femeia și nu putem înțelege cum am putut s-o luăm drept mama. La fel, cînd vedem penele cozii unei păsări de apă, căutîndu-și hrana pe fundul unui iaz, ne întrebăm: „este o lebădă sau o gîscă?" Reflectăm la ceea ce am văzut, comparînd mental penele cu cele ale lebedelor și gîștelor văzute înainte. Sau, poate, fiind proto-savanți, dorim pur și simplu să cunoaștem unele caracteristici generale (albul lebedelor, de exemplu) ale membrilor unei familii naturale pe care îi putem recunoaște deja cu ușurință. Din nou reflectăm la ceea ce am perceput anterior, căutînd ceea ce au comun membrii unei familii date.

Toate acestea sînt procese deliberative, în cadrul cărora căutăm și aplicăm criterii și reguli. Încercăm, adică, să interpretăm senzațiile avute, să analizăm ceea ce este datul pentru noi. Oricum am face acest lucru, procesele implicate trebuie să fie în cele din urmă nervoase și deci guvernate de aceleași legi *fizico-chimice* care guvernează percepția, pe de o parte, și bătaia inimilor noastre, pe

[13] Acest argument putea să nu fie necesar dacă toate legile ar fi fost asemănătoare celor ale lui Newton, iar toate regulile asemănătoare celor Zece Porunci. În acest caz, expresia „încălcarea unei legi" ar fi un nonsens, iar respingerea regulilor nu ar părea să sugereze un proces neguvernat de lege. Din păcate, legile circulației și alte produse asemănătoare ale legislației pot fi încălcate, ceea ce facilitează confuzia.

de alta. Dar faptul că sistemul ascultă de aceleaşi legi în toate cele trei cazuri nu ne îndreptăţeşte să presupunem că aparatul nostru nervos este programat să opereze similar în interpretare ca şi în percepţie sau în amîndouă ca în bătăile inimilor noastre. În această carte, m-am opus aşadar încercării tradiţionale, de la Descartes încoace dar nu dinaintea lui, de a analiza percepţia ca pe un proces de interpretare, ca pe o versiune inconştientă a ceea ce facem după ce am perceput.

Ceea ce face ca integritatea percepţiei să fie demnă de subliniat este, firește, faptul că atît de multă experienţă trecută este încorporată în aparatul nervos care transformă stimulii în senzaţii. Un mecanism perceptual programat în mod adecvat are o valoare de supravieţuire. A spune că membrii diferitelor grupuri pot avea percepţii diferite cînd primesc aceiaşi stimuli nu implică că ei pot avea chiar orice percepţii. În numeroase ambianţe, un grup care nu ar putea distinge lupii de cîini nu ar putea supravieţui. La fel cum un grup de specialişti în fizica nucleară nu ar supravieţui astăzi ca oameni de ştiinţă dacă nu ar fi în stare să recunoască urmele lăsate de particulele alfa sau de electroni. Tocmai pentru că atît de puţine moduri de a vedea vor fi satisfăcătoare din acest punct de vedere, cele care au rezistat testelor folosite de grup, ele merită să fie transmise din generaţie în generaţie. De asemenea, deoarece au fost selectate pentru succesul lor de-a lungul istoriei, trebuie să înţelegem experienţa şi cunoaşterea naturii ca fiind încorporate în circuitul stimul-senzaţie.

Poate „cunoaştere" nu este cuvîntul nimerit, dar avem motive pentru a-l folosi. Factorul constitutiv procesului nervos care transformă stimulii în senzaţii are următoarele caracteristici: a fost transmis prin educaţie; a fost găsit, prin încercări, mai eficace decît competitorii săi istorici din mediul curent al grupului; şi, în sfîrşit, este supus schimbării atît prin educaţie ulterioară cît şi prin descoperirea unor nepotriviri cu mediul. Acestea sînt caracteristici ale cunoaşterii şi ele motivează folosirea termenului. Dar este o folosire stranie, căci lipseşte o altă caracteristică. Nu avem nici un acces direct la ceea ce este ceea ce cunoaştem, nici o regulă sau generalizare cu care să exprimăm această cunoaştere. Regulile care ar putea oferi acest acces s-ar referi la stimuli şi nu la senzaţii, iar stimulii îi putem cunoaşte numai printr-o teorie elaborată. În lipsa ei,

cunoaşterea încorporată în circuitul stimul-senzaţie rămîne tacită.

Deşi sînt evident preliminare şi pot să nu fie corecte în toate detaliile, cele spuse înainte despre senzaţie sînt înţelese literal. În ultimă instanţă, este o ipoteză despre vedere care trebuie supusă investigaţiei experimentale, deşi probabil nu unui control direct. Dar o asemenea discuţie despre vedere şi senzaţie are aici şi funcţii metaforice ca, dealtfel, şi în corpul lucrării propriu-zise. Noi nu *vedem* electroni, ci, mai degrabă, urmele lor sau bule de vapori într-o cameră de ceaţă. Nu *vedem* deloc curenţi electrici ci mai curînd acul unui ampermetru sau galvanometru. Totuşi, în paginile anterioare, mai ales în secţiunea X, m-am exprimat frecvent ca şi cum am percepe entităţi teoretice precum curenţi, electroni şi cîmpuri, ca şi cum am fi învăţat să procedăm astfel din examinarea exemplarităţilor şi ca şi cum în aceste cazuri ar fi fost greşit să înlocuim discuţia despre vedere cu o discuţie despre criterii şi interpretare. Metafora care transferă „vederea" în asemenea contexte nu prea oferă o bază suficientă pentru asemenea afirmaţii. În ultimă instanţă, ea trebuie eliminată în favoarea unui mod mai exact de prezentare.

Programul pentru calculator, menţionat mai sus, începe să sugereze căile pe care s-ar putea realiza acest lucru, dar nici spaţiul disponibil nici gradul înţelegerii mele actuale nu îmi permit să elimin aici metafora [14]. În schimb, voi încerca pe scurt să o încadrez. A vedea picături de apă sau un ac pe o scală numerică este o experienţă perceptuală

---

[14] Pentru cititorii studiului „Second Thoughts" următoarele remarci criptice pot fi de folos. Posibilitatea recunoaşterii imediate a membrilor familiilor naturale depinde de existenţa, după prelucrarea neurală, a unui spaţiu perceptual vid între familiile care trebuie discriminate. Dacă, de exemplu, ar exista în perceperea păsărilor de apă un continuum, de la gîşte la lebede, am fi obligaţi să introducem un criteriu specific pentru a le distinge. O observaţie similară poate fi făcută cu privire la entităţile neobservabile. Dacă o teorie fizică nu admite existenţa a nimic asemănător curentului electric, atunci un număr redus de criterii, care poate varia considerabil de la caz la caz, va fi suficient pentru a identifica curenţi, chiar dacă nu există nici o mulţime de reguli care să specifice condiţii necesare şi suficiente pentru identificarea lor. Această idee sugerează un corolar plauzibil care poate fi mai important. Iată-l. Fiind date o mulţime de condiţii necesare şi suficiente pentru identificarea unei entităţi teoretice, acea entitate poate fi eliminată din ontologia unei teorii prin substituţie. În absenţa unor asemenea reguli, însă, aceste entităţi nu sînt eliminabile; teoria reclamă în acest caz existenţa lor.

primitivă pentru cel nefamiliarizat cu camere de ceață sau ampermetre. Ea necesită, așadar, contemplare, analiză și interpretare (sau intervenția unei autorități exterioare) înainte ca să se poată obține concluzii cu privire la electroni sau curenți. Dar poziția omului care a învățat despre aceste instrumente și are o mare experiență exemplară în privința lor este foarte diferită și există diferențe corespunzătoare în modul în care el prelucrează stimulii ce îi vin de la ele. Privind vaporii emanați de respirația sa într-o după-amiază rece de iarnă, senzația sa poate fi aceeași cu a unui profan, dar privind o cameră de ceață el vede (aici textual) nu picături, ci urme de electroni, de particule alfa etc. Aceste urme, dacă vreți, sînt criterii pe care el le interpretează ca indici ai prezenței particulelor corespunzătoare; dar este o cale nu numai mai scurtă, ci și diferită de cea urmată de omul care le interpretează ca picături.

Sau să ne gîndim la omul de știință care inspectează un ampermetru pentru a determina numărul la care s-a oprit acul. Senzația sa este probabil aceeași cu a profanului, mai ales dacă acesta din urmă a citit înainte și alte genuri de aparate de măsură. Dar el a văzut un astfel de aparat (din nou adesea textual) în contextul unui întreg circuit și știe ceva despre structura sa internă. Pentru el, poziția acului este un criteriu, dar numai al *valorii* curentului. Pentru a o interpreta, el trebuie doar să stabilească pe ce scală trebuie citit aparatul de măsură. Pentru profan, în schimb, poziția acului nu este decît un indicator al ei însăși și nimic altceva. Pentru a-l interpreta, el trebuie să examineze întreaga articulație de fire, internă și externă, să experimenteze bateriile și magneții ș. a. m. d. În sensul metaforic ca și literal al termenului „a vedea", interpretarea începe acolo unde sfîrșește percepția. Cele două procese nu sînt identice, iar ceea ce percepția lasă interpretării să completeze depinde în mod efectiv de natura și volumul experienței și pregătirii anterioare.

## 5. Exemplarități, incomensurabilitate și revoluții

Cele de mai sus oferă o bază pentru clarificarea unui alt aspect al cărții: și anume, remarcile mele asupra incomensurabilității și consecințele lor pentru oamenii de știință angajați în controversele privind alegerea între teo-

rii succesive [15]. În secțiunile a X-a și a XII-a, am argumentat că părțile angajate în asemenea controverse văd în mod inevitabil diferit anumite situații experimentale sau observaționale la care ambele au acces. Deoarece, însă, vocabularele în care discută asemenea situații sînt compuse, predominant, din aceiași termeni, părțile sînt nevoite să atribuie naturii unii din acești termeni în mod diferit, astfel încît comunicarea lor este inevitabil parțială. În consecință, superioritatea unei teorii asupra alteia nu poate fi dovedită în cursul controversei. În schimb, cum arătam, fiecare parte trebuie să încerce, prin persuasiune, să o convertească pe cealaltă. Numai filozofii au deformat serios semnificația acestor aspecte ale argumentării mele. Unii dintre ei au afirmat că am în vedere următoarele [16]: partizanii teoriilor incomensurabile nu pot comunica de loc unii cu alții; drept urmare, într-o dispută asupra alegerii teoriei nu se poate apela la rațiuni *întemeiate*; dimpotrivă, teoria trebuie aleasă din rațiuni care sînt, în ultimă instanță, personale și subiective; un fel de apercepție mistică este răspunzătoare pentru decizia luată. Mai mult decît oricare alte părți ale cărții, pasajele pe care se bazează aceste deformări sînt răspunzătoare pentru acuzațiile de iraționalitate.

Să ne oprim mai întîi asupra remarcilor mele privind demonstrația. Ideea pe care am încercat să o avansez este simplă și de multă vreme familiară în filozofia științei. Controversele privind alegerea unei teorii nu pot fi exprimate într-o formă care să semene întru-totul cu o demonstrație logică sau matematică. În aceasta din urmă, premisele și regulile de inferență sînt stipulate de la început. Dacă există un dezacord în privința concluziilor, părțile aflate în conflict pot reface pașii demonstrației, unul cîte unul, controlîndu-l pe fiecare în raport cu stipulările inițiale. La capătul acestui proces, una sau cealaltă dintre părți trebuie să admită că a făcut o greșeală, că a încălcat o regulă acceptată în prealabil. După această recunoaștere, partea respectivă nu mai are drept de apel, astfel încît demonstrația adversarului devine constrîngă-

[15] Argumentele care urmează sînt expuse mai detaliat în secțiunile a V-a și a VI-a din „Reflections".

[16] Vezi lucrările citate în nota 9 de mai sus și mai ales eseul lui **Stephen Toulmin** din *Growth of Knowledge*.

toare. Numai dacă părţile descoperă, în schimb, că diferă în privinţa înţelesului sau aplicării regulilor stipulate, că acordul lor iniţial nu oferă o bază suficientă pentru demonstraţie, controversa continuă sub forma pe care o ia inevitabil în cursul revoluţiilor ştiinţifice. O asemenea controversă are în vedere premisele şi recurge la persuasiune ca la un preludiu al posibilităţii demonstraţiei.

Nimic în această teză relativ familiară nu implică faptul că nu ar exista raţiuni întemeiate pentru convingere sau că aceste raţiuni nu ar fi, în cele din urmă, hotărîtoare pentru grupul în cauză. Nu implică nici măcar că raţiunile alegerii sînt diferite de cele enumerate de obicei de către filozofii ştiinţei : precizie, simplitate, fecunditate şi altele asemănătoare. Ceea ce sugerează însă această teză este că asemenea raţiuni funcţionează ca valori şi că ele pot fi deci diferit aplicate, individual şi colectiv, de către cei care concură în a le respecta. Dacă doi oameni nu cad de acord, de pildă, asupra fecundităţii relative a teoriilor lor sau dacă sînt de acord asupra ei dar nu şi în ceea ce priveşte importanţa relativă a fecundităţii şi, să zicem, asupra razei de cuprindere a teoriilor în cauză, nici unul dintre ei nu poate fi acuzat că a comis o greşeală. După cum nici unul, că procedează neştiinţific. Nu există un algoritm neutru pentru alegerea teoriei şi nici o procedură sistematică de decizie care, adecvat aplicate, trebuie să-l ducă pe fiecare individ din grup la aceeaşi decizie. În acest sens, comunitatea specialiştilor, mai curînd decît membrii ei individuali, este cea care ia o decizie efectivă. Pentru a înţelege de ce ştiinţa se dezvoltă astfel, nu este nevoie să deslusim detaliile biografice sau personale care l-au determinat pe fiecare individ să facă o anumită alegere, deşi această problemă este deosebit de fascinantă. Ceea ce trebuie însă înţeles este modul în care o anumită mulţime de valori comune interacţionează cu anumite experienţe împărtăşite de comunitatea specialiştilor astfel încît majoritatea membrilor grupului să considere, în cele din urmă, că o mulţime de argumente este mai hotărîtoare decît o alta.

Acest proces înseamnă persuasiune, dar el ridică şi o problemă mai adîncă. Doi oameni care percep diferit aceeaşi situaţie, dar care totuşi folosesc acelaşi vocabular în discutarea ei, trebuie să folosească cuvintele în mod diferit. Cu alte cuvinte, ei vorbesc din puncte de vedere incomensu-

rabile. Cum ar putea ei oare spera să vorbească la fel şi, cu atît mai mult, să fie convingători? Chiar şi un răspuns preliminar la această întrebare reclamă alte specificări privind natura dificultăţii. Cred că, cel puţin în parte, ele ar lua următoarea formă.

Practicarea ştiinţei normale depinde de capacitatea, dobîndită din exemplarităţi, de a grupa obiecte şi situaţii în mulţimi similare care sînt primitive, în sensul că gruparea este făcută fără a răspunde la întrebarea : „Similar în raport cu ce?" Un aspect central al oricărei revoluţii este deci acela că unele din relaţiile de similaritate se modifică. Obiecte care fuseseră înainte grupate în aceeaşi mulţime sînt grupate, după aceea, în alte diferite şi vice-versa. Să ne gîndim la Soare, Lună, Marte şi Pămînt înainte şi după Copernic ; sau la căderea liberă, mişcarea pendulară şi planetară înainte şi după Galilei ; sau la săruri, aliaje sau la un amestec de pilitură de sulf şi fier înainte şi după Dalton. Deoarece cele mai multe dintre obiecte, chiar dintre mulţimile modificate continuă să fie grupate împreună, numele mulţimilor rămîn de obicei aceleaşi. Totuşi, transferul unei submulţimi constituie, în mod curent, o parte a unei modificări critice în reţeaua interrelaţiilor lor. Transferarea metalelor din mulţimea compuşilor în mulţimea elementelor a jucat un rol esenţial în apariţia unei noi teorii a arderii, a acidităţii şi a combinaţiilor fizice şi chimice. În scurtă vreme, aceste modificări s-au răspîndit în întreaga chimie. Nu este deci surprinzător că, atunci cînd intervin asemenea redistribuiri, doi oameni care înainte păreau să se înţeleagă perfect se trezesc deodată că reacţionează la acelaşi stimul prin descrieri şi generalizări incompatibile. Aceste dificultăţi nu vor fi resimţite în toate domeniile discursului lor ştiinţific, dar ele vor apărea şi se vor concentra dens în jurul acelor fenomene de care depinde vital alegerea teoriei.

Deşi devin mai întîi evidente în comunicare, asemenea probleme nu sînt pur lingvistice şi nu pot fi rezolvate prin simpla stipulare a definiţiilor termenilor supărători. Deoarece cuvintele în jurul cărora se concentrează dificultăţile au fost în parte învăţate prin aplicarea directă la exemplarităţi, participanţii la o ruptură comunicaţională nu pot spune : „Folosesc cuvîntul « element » (sau « amestec » sau « planetă » sau « mişcare liberă ») potrivit următoarelor criterii". Cu alte cuvinte, ei nu pot recurge la

un limbaj neutru pe care amîndoi îl folosesc la fel şi care este adecvat enunţării ambelor lor teorii sau chiar consecinţelor empirice ale acestora. O parte a diferenţelor este anterioară aplicării limbajelor care totuşi o reflectă.

Oamenii care participă la astfel de rupturi comunicaţionale trebuie totuşi să aibă o ieşire. Stimulii pe care îi recepţionează sînt aceiaşi. Acelaşi este şi aparatul lor nervos general, oricît de diferit ar fi programat. Apoi, cu excepţia unei zone reduse, deşi importante, însăşi programarea lor nervoasă trebuie să fie foarte asemănătoare, căci au o istorie comună, exceptînd trecutul imediat. În consecinţă, lumea şi limbajul lor, atît cotidiene cît şi ştiinţifice, sînt în cea mai mare parte comune. Date fiind atîtea lucruri comune, ei ar trebui să poată identifica o bună parte din divergenţele lor. Metodele necesare nu sînt însă simple sau comode şi nici nu aparţin arsenalului obişnuit al omului de ştiinţă. Oamenii de ştiinţă le recunosc rareori ca atare şi doar uneori le folosesc mai mult decît este nevoie pentru a obţine o convertire sau pentru a se convinge pe ei înşişi că aceasta nu poate fi realizată.

Pe scurt, ceea ce pot face participanţii la o ruptură comunicaţională este să se recunoască reciproc ca membri ai unor comunităţi lingvistice diferite şi apoi să devină traducători [17]. Luînd diferenţele dintre discursul dinăuntrul grupului şi cel între grupuri ca obiect de studiu în sine, ei pot mai întîi încerca să descopere termenii şi locuţiunile care, folosite neproblematic înăuntrul fiecărei comunităţi, sînt totuşi surse de dificultăţi pentru discuţiile dintre grupuri. (Locuţiunile care nu prezintă asemenea dificultăţi pot fi traduse omofonic.) După ce au identificat asemenea zone de dificultăţi în comunicarea ştiinţifică, ei pot recurge apoi la vocabularele lor zilnice comune într-un efort de a elucida alte greutăţi. Fiecare poate astfel să încerce să descopere ce ar vedea şi spune celălalt cînd i s-ar prezenta un stimul la care propria sa reacţie verbală ar fi diferită. Dacă se pot

[17] Sursa deja clasică pentru cele mai multe din aspectele relevante ale traducerii este W. V. Quine, *Word and Object* (Cambridge, Mass., 1960), Cap. I şi II. Dar Quine pare să presupună că doi oameni care primesc acelaşi stimul trebuie să aibă aceeaşi senzaţie şi, în consecinţă, nu are prea mult de spus despre măsura în care un traducător trebuie să fie în stare să *descrie* lumea la care se aplică limbajul care este tradus. În această din urmă privinţă, vezi E. A. Nida, „Linguistics and Ethnology in Translation Problems", în Del Hymes (ed.), *Language and Culture in Society* (New York, 1964), pp. 90–97.

reţine îndeajuns de la a explica comportamentul anormal ca o consecinţă a simplei erori sau nebunii, ei ar putea cu timpul să devină prezicători foarte buni ai comportamentului celuilalt. Fiecare va fi învăţat să traducă teoria celuilalt şi consecinţele ei în propriul său limbaj şi simultan să descrie în limbajul său lumea la care se aplică acea teorie. Este ceea ce face (sau ar trebui să facă) regulat istoricul ştiinţei atunci cînd se ocupă de teorii ştiinţifice depăşite.

Deoarece traducerea permite fiecărui participant la o ruptură comunicaţională să înţeleagă, prin substituire, ceva din meritele şi defectele punctului de vedere al celuilalt, ea constituie un instrument puternic de persuasiune şi convertire. Dar nici măcar persuasiunea nu trebuie neapărat să reuşească şi, dacă reuşeşte, nu este neapărat însoţită sau urmată de convertire. Cele două experienţe nu sînt aceleaşi — o distincţie importantă de care am devenit pe deplin conştient abia recent.

Cred că a convinge pe cineva înseamnă a-l lămuri că punctul de vedere al altcuiva este superior şi trebuie deci să-l înlocuiască pe al său propriu. Aceasta se poate uneori obţine fără a recurge la ceva de felul traducerii. În absenţa ei, multe din explicaţiile şi enunţurile problemelor acceptate de membrii unui grup ştiinţific vor fi opace pentru un alt grup. Dar fiecare comunitate lingvistică poate de obicei produce de la bun început cîteva rezultate concrete ale cercetării care, deşi exprimabile în enunţuri înţelese la fel de ambele grupuri, nu pot fi totuşi explicate de către cealaltă comunitate în termenii ei proprii. Dacă noul punct de vedere rezistă o vreme şi continuă să fie fecund, rezultatele cercetării verbalizabile în acest fel au şanse să sporească în număr. Pentru unii oameni, asemenea rezultate, singure, pot fi hotărîtoare. Ei pot spune : nu ştiu cum reuşesc adepţii noii concepţii dar trebuie să aflu ; orice ar face, este evident corect. Această reacţie aparţine mai ales celor noi intraţi în breaslă, căci ei nu au deprins vocabularul şi opţiunile speciale ale vreunuia dintre grupuri.

Argumentele exprimabile în vocabularul pe care îl folosesc la fel ambele grupuri nu sînt, însă, de obicei, hotărîtoare — cel puţin pînă într-o fază foarte tîrzie a evoluţiei concepţiilor opuse. Printre cei deja admişi în breaslă, puţini vor fi convinşi fără a recurge într-un fel sau altul la comparaţii mai extinse, permise de traducere. Deşi preţul va fi adesea propoziţii foarte lungi şi com-

plicate (să ne gîndim la controversa dintre Proust şi Berthollet, dusă fără a apela la termenul „element"), multe alte rezultate ale cercetării pot fi traduse din limbajul unei comunităţi în al celeilalte. Pe măsură ce traducerea este continuată, unii dintre membrii fiecărei comunităţi pot de asemenea să înceapă să înţeleagă, prin substituire, cum un enunţ, pînă atunci opac, ar putea fi o explicaţie pentru membrii grupului opus. Existenţa unor asemenea metode nu garantează, firește, persuasiunea. Pentru majoritatea oamenilor, traducerea este un proces ameninţător şi cu totul străin de ştiinţa normală. Oricum, există întotdeauna şi contraargumente, iar nici o regulă nu prescrie modul în care trebuie ajuns la un echilibru. Totuşi, pe măsură ce argumentele se adună iar greutăţile sînt trecute cu succes, una după alta, numai încăpăţînarea oarbă poate în cele din urmă să explice rezistenţa neînduplecată.

Aşa stînd lucrurile, un al doilea aspect al traducerii, de multă vreme familiar istoricilor şi lingviştilor, devine deosebit de important. A traduce o teorie sau o concepţie despre lume în propriul limbaj nu înseamnă a o adopta. Pentru aceasta trebuie să devii „de-ai casei", să descoperi că gîndeşti şi operezi într-un limbaj şi nu pur şi simplu că traduci dintr-un limbaj care ţi-era înainte străin. Tranziţia nu este însă de aşa natură încît un individ să o poată face — sau să se poată împiedica s-o facă — prin deliberare sau alegere, oricît de întemeiate ar fi motivele sale pentru a dori s-o facă. Dimpotrivă, la un moment dat, în cursul învăţării traducerii, el descoperă că tranziţia s-a petrecut, că a pătruns într-un nou limbaj fără să fi luat o decizie. Sau, la fel ca mulţi dintre cei care fac cunoştinţă cu relativitatea sau mecanica cuantică la o vîrstă mijlocie, el se trezeşte pe deplin convins de noua concepţie, fără a fi totuşi în stare să o interiorizeze sau să se simtă acasă în lumea ei. Din punct de vedere intelectual, un asemenea om a făcut o alegere, dar convertirea necesară pentru a o face efectivă îl ocoleşte. El poate totuşi folosi noua teorie, dar o va face ca un străin într-o ţară străină — o alternativă pe care o are în faţă numai pentru că această ţară îşi are deja cetăţenii ei. Munca lui parazitează pe a acestora din urmă, căci lui îi lipseşte constelaţia de elemente mentale pe care viitorii membri ai comunităţii o vor dobîndi prin educaţie.

Experienţa convertirii pe care am asemănat-o unei schimbări de *gestalt* rămîne, aşadar, în centrul procesului

revoluționar. Rațiunile întemeiate în favoarea alegerii oferă motivele convertirii și climatul în care are mai multe șanse să survină. În plus, traducerea poate furniza repere pentru reprogramarea nervoasă care, oricît de impenetrabilă ar fi acum, trebuie să stea la baza convertirii. Dar nici rațiunile întemeiate și nici traducerea nu alcătuiesc convertirea; or tocmai acest proces trebuie să-l explicăm pentru a înțelege un tip esențial de schimbare științifică.

## 6. Revoluții și relativism

O consecință a poziției schițate mai sus i-a neliniștit îndeosebi pe cîțiva dintre criticii mei[18]. Ei consideră că punctul meu de vedere este relativist, mai ales în felul în care a fost dezvoltat în ultima secțiune a cărții. Observațiile mele privind traducerea clarifică motivele acestei acuzații. Adepții unor teorii diferite seamănă cu membrii unor comunități lingvistice și culturale diferite. Recunoașterea acestui paralelism sugerează că, într-un sens, ambele grupuri ar putea să aibă dreptate. Aplicată la cultură și la dezvoltarea ei, această poziție este relativistă.

Aplicată la știință, ar putea să nu fie relativistă; în orice caz, este departe de un *simplu* relativism, într-o privință pe care criticii ei nu au reușit să o vadă. Luați ca un grup sau în grupuri, practicienii științelor dezvoltate sînt în mod fundamental rezolvitori de *puzzles*. Deși valorile pe care le folosesc în momentele alegerii teoriei derivă și din alte aspecte ale activității lor, capacitatea demonstrată de a pune și rezolva *puzzles* prezentate de natură este, în cazul conflictului dintre valori, criteriul dominant pentru majoritatea membrilor unui grup științific. Ca oricare altă valoare, capacitatea de a rezolva *puzzles* se dovedește ambiguă în aplicații. Doi oameni care o posedă pot totuși să difere în judecățile pe care le derivă din folosirea ei. Comportamentul unei comunități în care această capacitate are întîietate va fi foarte diferit de cel al unei comunități în care nu o are. Cred că, în știință, valoarea deosebită acordată capacității de a rezolva *puzzles* are o serie de consecințe.

---

[18] **Shapere**, „Structure of Scientific Revolutions" și **Popper** în *Growth of Knowledge*.

Să ne imaginăm arborele unei evoluții ce reprezintă dezvoltarea unor specialități științifice moderne din originile lor comune, aflate, să zicem, în filozofia primitivă a naturii și în meșteșuguri. O linie care nu se repliază niciodată, trasă de-a lungul arborelui, de la trunchi spre vîrful unei ramuri, va marca succesiunea teoriilor în ordinea descendenței. Considerînd oricare două asemenea teorii, alese în puncte nu prea îndepărtate de originea lor, va fi ușor de alcătuit o listă de criterii care i-ar permite unui observator imparțial să distingă, în fiecare moment, o teorie anterioară de o alta mai recentă. Unele dintre cele mai utile criterii ar fi : precizia predicțiilor, mai ales a celor cantitative; echilibrul dintre temele esoterice și cele obișnuite; numărul diferitelor probleme rezolvate. Mai puțin utile pentru acest scop, deși avînd un rol important în viața științifică, ar fi valori ca : simplitatea, domeniul de aplicare și compatibilitatea cu alte specialități. Asemenea liste nu sînt încă necesare, dar nu mă îndoiesc că ele pot fi alcătuite. Iar dacă pot fi alcătuite, atunci dezvoltarea științifică este, asemenea celei biologice, un proces unidirecțional și ireversibil. Teoriile științifice ulterioare sînt mai bune decît cele anterioare în a rezolva *puzzles* în mediile adesea cu totul diferite la care sînt aplicate. Aceasta nu este poziția unui relativist; ea dezvăluie sensul în care cred cu toată convingerea în progresul științific.

Comparată cu noțiunea de progres foarte răspîndită în rîndul filozofilor științei ca și al publicului larg, această poziție este lipsită de un element esențial. O teorie științifică este de obicei considerată mai bună decît predecesoarele ei nu numai în sensul că este un instrument mai bun pentru descoperirea și rezolvarea *puzzles*-urilor, dar și pentru că este întrucîtva o reprezentare mai bună a naturii. Auzim deseori că teoriile succesive se apropie tot mai mult sau aproximează din ce în ce mai bine adevărul. Se pare că asemenea teze nu se referă la soluțiile *puzzles*-urilor și la predicțiile concrete derivate dintr-o teorie, ci mai degrabă la ontologie, adică la corespondența dintre entitățile cu care teoria populează natura și ceea ce există „realmente acolo", în natură.

Poate există și un alt mod de a recupera noțiunea de „adevăr", pentru aplicarea la întregi teorii, dar acesta nu merge. Cred că nu există un mod independent-de-teorie de a reconstrui expresii ca „realmente acolo"; noțiunea de

conformitate între ontologia unei teorii şi corespondentul ei „real" din natură mi se pare acum principial iluzorie. În afară de aceasta, ca istoric, sînt impresionat de implauzibilitatea acestei concepţii. Nu mă îndoiesc, de pildă, că mecanica lui Newton o depăşeşte pe cea a lui Aristotel, că cea a lui Einstein o depăşeşte pe cea a lui Newton ca instrument de rezolvare a *puzzles*-urilor. Dar nu pot vedea în succesiunea lor nici o direcţie concretă de dezvoltare ontologică. Dimpotrivă, în unele privinţe importante, deşi nu în toate, teoria relativităţii generalizate a lui Einstein este mai apropiată de cea a lui Aristotel decît este vreuna din acestea de cea a lui Newton. Deşi tentaţia de a caracteriza această poziţie ca relativistă este de înţeles, caracterizarea mi se pare greşită. Reciproc, dacă această poziţie ar însemna relativism, nu pot crede că relativistul este lipsit de vreunul din instrumentele necesare explicării naturii şi dezvoltării ştiinţei.

## 7. Natura ştiinţei

Voi încheia cu o scurtă dezbatere a două reacţii frecvente la textul meu original, prima critică, a doua favorabilă, dar niciuna, cred, întru totul îndreptăţită. Deşi una nu este legată de cealaltă şi nici una de cele spuse pînă acum, ambele au cunoscut o suficientă răspîndire pentru a merita cel puţin unele răspunsuri.

Cîţiva cititori ai cărţii mele au remarcat că am trecut frecvent de la modul descriptiv la cel normativ şi invers — o trecere deosebit de evidentă în unele pasaje care încep cu „Dar aceasta nu este ce fac oamenii de ştiinţă" şi se încheie cu afirmaţia că oamenii de ştiinţă nu ar trebui să facă astfel. Unii critici afirmă că confund descrierea cu prescrierea, încălcînd venerabila teoremă filozofică potrivit căreia „este" nu poate implica „trebuie"[19].

Această teoremă a devenit practic un clişeu şi nu mai este respectată pretutindeni. Unii filozofi contemporani au descoperit contexte importante în care normativul şi

[19] Pentru unul din multele exemple, vezi eseul lui P. F. Feyerabend din *Growth of Knowledge*.

descriptivul sînt inextricabil îmbinate [20]. „Este" şi „trebuie" nu sînt întotdeauna atît de distincte cum păreau. Dar nu este nevoie să apelăm la subtilităţile filozofiei lingvistice contemporane pentru a deslusi ceea ce părea confuz în legătură cu acest aspect al poziţiei mele. Paginile anterioare prezintă o concepţie sau o teorie despre natura ştiinţei şi, ca alte filozofii ale ştiinţei, teoria are consecinţe pentru modul în care oamenii de ştiinţă trebuie să acţioneze pentru ca întreprinderea lor să reuşească. Deşi poate să nu fie corectă, nu mai mult decît oricare altă teorie, ea oferă o bază legitimă pentru repetatele „trebuie" şi „ar trebui". Reciproc, o parte din motivele pentru a lua în serios teoria este că oamenii de ştiinţă, ale căror metode au fost elaborate şi selectate pentru succesul lor, se comportă de fapt aşa cum spune teoria că ar trebui să o facă. Generalizările mele descriptive sînt dovezi în favoarea teoriei tocmai pentru că ele pot fi de asemenea derivate din teorie, în vreme ce potrivit altor concepţii despre natura ştiinţei ele constituie un comportament anormal.

Cred că circularitatea acestui argument nu este vicioasă. Consecinţele punctului de vedere discutat nu sînt epuizate de observaţiile pe care el se baza la început. Încă înainte de prima apariţie a cărţii, am descoperit că unele părţi ale teoriei prezentate constituie un instrument util pentru explorarea comportamentului şi dezvoltării ştiinţifice. Compararea acestui postscriptum cu paginile originalului poate să indice că el continuă să joace acest rol. Nici un punct de vedere pur şi simplu circular nu poate fi o asemenea călăuză.

La o ultimă reacţie faţă de carte, răspunsul meu trebuie să fie diferit. Dintre cei care au apreciat cu plăcere cartea mea, unii au făcut-o mai puţin pentru că aruncă o lumină asupra ştiinţei cît pentru că au interpretat tezele ei principale ca fiind aplicabile şi în multe alte domenii. Înţeleg ce au ei în vedere şi nu aş vrea să-i descurajez în încercările de a extinde această concepţie, dar reacţia lor m-a uimit totuşi. În măsura în care cartea zugrăveşte dezvoltarea ştiinţei ca o succesiune de perioade dominate, fiecare, de o tradiţie şi punctate de întreruperi necumulative, tezele ei sînt fără îndoială larg aplicabile.

---

[20] **Stanley Cavell**, *Must We Mean What We Say?* (New York, 1969), Cap. I.

Dar aşa şi trebuie să fie, căci sînt împrumutate din alte domenii. Istoricii literaturii, muzicii, artelor, dezvoltării politice şi ai multor altor activităţi umane descriu de multă vreme aceste subiecte în acelaşi fel. Periodizarea în termeni de breşe revoluţionare în stil, gust şi structură instituţională fusese unul din instrumentele lor tipice. Dacă am fost original în privinţa acestor idei, aceasta s-a datorat mai ales aplicării lor la ştiinţă, despre care se credea că evoluează altfel. Probabil, noţiunea de paradigmă ca o realizare concretă, o exemplaritate, este a doua contribuţie originală. Bănuiesc, de pildă, că unele din dificultăţile notorii care înconjură noţiunea de stil în artă ar putea să dispară dacă tablourile pot fi înţelese ca modelate unele după altele, mai degrabă decît produse în conformitate cu unele canoane abstracte de stil [21].

Cartea a avut însă, de asemenea, menirea să impună şi o altă idee, mai puţin vizibilă multora dintre cititorii ei. Deşi dezvoltarea ştiinţei poate fi mult mai asemănătoare celei din alte domenii decît s-a presupus adeseori, ea este de asemenea extrem de diferită. A spune, de pildă, că ştiinţele, cel puţin începînd de la un anumit punct din dezvoltarea lor, progresează altfel decît alte domenii, nu înseamnă a greşi întru totul, oricare ar putea fi progresul ca atare. Unele din obiectivele acestei cărţi au fost să examineze asemenea diferenţe şi să înceapă să le explice.

Să considerăm, de exemplu, sublinierea repetată, mai sus, a lipsei sau, cum aş spune acum, rarităţii relative a şcolilor rivale în ştiinţele mature. Sau să ne reamintim remarcile mele despre măsura în care membrii unei comunităţi ştiinţifice date constituie singurul public şi singurii judecători ai activităţii comunităţii. Sau, în sfîrşit, să ne gîndim din nou la natura specială a educaţiei ştiinţifice, la rezolvarea de *puzzles* ca un scop şi la sistemul de valori utilizat de grupul ştiinţific în perioade de criză şi decizie. Cartea desprinde şi alte caracteristici de acelaşi gen, dintre care nici una nu este neapărat unică pentru ştiinţă dar care, împreună, singularizează această activitate.

Despre toate aceste caracteristici ale ştiinţei mai trebuie aflate foarte multe lucruri. Deschizînd acest post-

[21] În legătură cu această idee şi cu o expunere mai amplă a ceea ce este propriu ştiinţei, vezi T. S. Kuhn, „Comment [on the Relations of Science and Art]", *Comparative Studies in Philosophy and History*, XI (1969), 403–412.

scriptum cu sublinierea necesității de a studia structura de comunitate a științei, voi încheia prin a evidenția necesitatea unui studiu similar și mai ales comparativ al comunităților corespunzătoare din alte domenii. Cum alege cineva membrii și cum este cineva ales membru într-o comunitate particulară, științifică sau nu? Care este procesul și care sînt stadiile socializării grupului? Ce scopuri își propune grupul, luat colectiv; ce devieri individuale sau colective va tolera el; și cum controlează el aberațiile nepermise? O mai deplină înțelegere a științei va depinde de răspunsuri și la alte genuri de întrebări, dar nu există domeniu în care să fie atît de mult de făcut. Cunoașterea științifică, la fel ca și limbajul, este prin natura sa proprietatea comună a unui grup; altfel nu este nimic. Pentru a o înțelege, va trebui să cunoaștem caracteristicile speciale ale grupurilor care o creează și o utilizează.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITARA

# CUPRINS


Natura şi dinamica ştiinţei în concepţia lui Th. S. Kuhn 5
Prefaţă . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36
I. Introducere : un rol pentru istorie . . . . . . . . . . . . . 44
II. Calea spre ştiinţa normală . . . . . . . . . . . . . . 53
III. Natura ştiinţei normale . . . . . . . . . . . . . . . 66
IV. Ştiinţa normală ca rezolvare de *puzzles* . . . . . . . . . . 78
V. Prioritatea paradigmelor . . . . . . . . . . . . . . . . 87
VI. Anomalia şi emergenţa descoperirilor ştiinţifice . . . . . . 96
VII. Criza şi emergenţa teoriilor ştiinţifice . . . . . . . . . . 110
VIII. Răspunsul la criză . . . . . . . . . . . . . . . . . 122
IX. Natura şi necesitatea revoluţiilor ştiinţifice . . . . . . . . 137
X. Revoluţiile ca schimbări ale concepţiei despre lume . . . 156
XI. Invizibilitatea revoluţiilor . . . . . . . . . . . . . . . 180
XII. Deznodămîntul revoluţiilor . . . . . . . . . . . . . . . 188
XIII. Progres prin revoluţii . . . . . . . . . . . . . . . . 204
Postscriptum — 1969 . . . . . . . . . . . . . . . . . 219



001(04)=59
501(04)=59


219 −
180
39


Redactor: MIRCEA RADIAN
Tehnoredactor: CONSTANTA BRANCIU

Bun de tipar: 18 XII 1975. Tiraj: 9.600 ex. Coli tipar: 16.

Lucrarea a fost tipărită la I. P. Informaţia sub comanda nr. 2434



BIBL. CENTRALĂ UNIVERSITARĂ
„M. E...
2201/971 | 70 × 13 | ...

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# EB

THOMAS S. KUHN

Structura
revoluțiilor
științifice

De la apariție, cartea lui Thomas S. Kuhn s-a afirmat ca una dintre cele mai îndrăznețe și mai reușite încercări de a interpreta natura științei și de a descifra mecanismele evoluției acesteia.

Istoric și filozof al științei, autorul elaborează concepte și teze noi, face analize subtile diverselor aspecte ale fenomenului științific.

Traducerea cărții în cîteva limbi, dezbaterea largă a problematicii sale, adoptarea de către autori din multe discipline a unor noțiuni și teze fundamentale susținute de T. S. Kuhn atestă largul interes pe care l-a stîrnit. Lectura îl va convinge și pe cititorul român că are de a face cu una din acele cărți rare, deschizătoare de noi orizonturi.

00166 - 1970 BIBLIOTECA

Lei 8,50